

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
Bundesamt für Strassen

Entwicklungsindizes des Schweizerischen Strassenverkehrs

Index de l'évolution du trafic routier suisse

Development index of road traffic in Switzerland

Forschungsstelle: Abay & Meier, Zürich

Eugen Meier, Dr. sc. tech., dipl. Ing. ETH/SVI
Georg Abay, Dr. oec. publ.
Urs Koller, lic. oec. publ.

Forschungsauftrag 42/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)

Januar 1998

Begleitkommission

Herr C. Zuberbühler (Präsident), SNZ Ingenieurbüro AG, Zürich

Herr F. Bosshard, Statistisches Amt des Kantons Zürich, Zürich

Herr P. Caille, Bundesamt für Statistik, Sektion Verkehr, Bern

Herr W. Kündig, Bundesamt für Strassenbau, Bern

Frau D. Müller, Jenni & Gottardi AG, Kilchberg/Zürich

Frau Z. Oblozinska, IVT ETH, Zürich

Herr M. Sailer, Dipartimento del Territorio, Sezione dei trasporti, Bellinzona

Herr W. Züst, Dienst GVF, Bern

27. Oktober 1997/UK/GA/EM
bereinigt am 12. Dezember 1997 / EM

C:\winwodat\fa42-95\papiere\berichte\SB1-9.DOC

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	a
Résumé	g
Summary	m
1 Ausgangslage und Zielsetzung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung	1
2 Vorgehen	3
3 Bedürfnisse an Entwicklungsindizes im Strassenverkehr	7
3.1 Einleitende Bemerkungen	7
3.2 Anwenderkreise, Anwendungsbereiche und Anwendungsgebiete	7
3.3 Zielgrössen für den Entwicklungsindex	11
3.4 Disaggregation in Teilindizes	12
3.5 Bedürfnismatrix	16
4 Bedürfnisse an Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr	17
4.1 Abgrenzung im Rahmen der Forschungsarbeit	17
4.2 Bedürfnisse an Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr	19
4.2.1 Anwendungsbereiche und mögliche Anwendungsgebiete	19
4.2.2 Zielgrössen	20
4.2.3 Disaggregation in Teilindizes	21
4.2.4 Schlussfolgerungen	22
5 Datenmaterial	23
5.1 Basisdatenmaterial	23
5.1.1 Permanente Querschnittszähler des Bundes und der Kantone	23
5.1.2 Das digitale Strassennetz GVF	24
5.2 Aufbereitung der Basisdaten	25
5.2.1 Digitales Strassennetz GVF	25
5.2.2 Linkzuordnung der permanenten Querschnittszähler	28
5.3 Analyse der Basisdaten	28
5.3.1 Analyse der Homogenität der Belastungen	28
5.3.2 Disaggregationsmerkmale für die Berechnung der Indizes	31
6 Methodik für die Berechnung von Entwicklungsindizes im Strassenverkehr	33
6.1 Methoden	33
6.2 Gegenstand der Methode "Querschnittszählungen"	33
6.3 Repräsentativität der Querschnittszähler	34
6.3.1 Problematik der Repräsentativität	34
6.3.2 Verfahren zur Herstellung der Repräsentativität	35
6.4 Berechnung des Verkehrsmengenindex für die Summe der Fahrzeuge	37
6.4.1 Festgelegte Disaggregationsmerkmale	37
6.4.2 Berechnung des Index	38

6.4.3	Arbeitsschritte	39
6.4.4	Indexrevisionen	41
6.5	Berechnung des Verkehrsmengenindex für Fahrzeuge nach Längenklassen	41
6.5.1	Voraussetzungen und Berechnung	41
6.6	Fahrleistungsindex	42
7	Berechnung der Verkehrsmengenindizes: Summe der Fahrzeuge DTV (24)	45
7.1	Index gesamte Schweiz	45
7.2	Index nach Agglomerationstyp	47
7.3	Index nach Funktion und Lage der Strecke	50
7.4	Index nach Agglomerationstyp und Funktion und Lage der Strecke	53
8	Berechnung der Verkehrsmengenindizes: Summe der Fahrzeuge DWV(24)	61
8.1	Index gesamte Schweiz	61
8.2	Index nach Agglomerationstyp	62
8.3	Index nach Funktion und Lage der Strecke	65
8.4	Index nach Agglomerationstyp und Funktion und Lage der Strecke	68
9	Beurteilung der Ergebnisse und Vorschläge für eine Institutionalisierung	75
9.1	Beurteilung der Ergebnisse	75
9.2	Notwendigkeit einer Institutionalisierung	77
9.3	Institutionalisierung	77
	Literaturverzeichnis	83

Anhang

A1	Überblick zur Indextheorie	A-1
A1.1	Zweck von Indexzahlen	A-1
A1.2	Arten von Indexzahlen	A-1
A1.3	Wünschbare Indexeigenschaften	A-4
A1.4	Umbasieren und Verketteten	A-6
A1.5	Übertragbarkeit auf Entwicklungsindizes	A-6
A2	Weitere Methoden zur Berechnung von Entwicklungsindizes	A-9
A3	Das Bootstrap-Verfahren	A-11
A3.1	Ausgangslage	A-11
A3.2	Methode	A-11
A3.3	Vorgehen im Rahmen der Berechnung von Entwicklungsindizes	A-13
A4	Berechnung der Verkehrsmengenindizes: Fahrzeuge nach Längenklassen - DWV(24)	A-15
A4.1	Index für Autobahnen	A-15
A4.2	Index für Ausserortsstrassen	A-18
A5	Abkürzungen und Begriffe	A-21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Vorgehen.....	4
Abbildung 5.1:	Streuung des Mittelwerts der Belastungen (1990) je Landesteil	29
Abbildung 5.2:	Streuung des Mittelwerts der Belastungen (1990) je Agglomerationstyp.....	30
Abbildung 5.3	Disaggregationsmerkmal "Funktion und Lage der Strecke"	31
Abbildung 6.1:	Hypothetisches Strassennetz mit Belastungen für die Periode t.....	34
Abbildung 6.2	Berechnungsablauf.....	40
Abbildung 7.1:	Verkehrsmengenindex für die gesamte Schweiz , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	45
Abbildung 7.2:	Verkehrsmengenindex für Grossstädte , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	47
Abbildung 7.3:	Verkehrsmengenindex für Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	48
Abbildung 7.4:	Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	49
Abbildung 7.5:	Verkehrsmengenindex für Autobahnen , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	50
Abbildung 7.6:	Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	51
Abbildung 7.7:	Verkehrsmengenindex für Innerortsstrassen , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)	52
Abbildung 7.8:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	55
Abbildung 7.9:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	57
Abbildung 7.10:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet , alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	59
Abbildung 8.1:	Verkehrsmengenindex für die gesamte Schweiz , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	61
Abbildung 8.2:	Verkehrsmengenindex für Grossstädte , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	62
Abbildung 8.3:	Verkehrsmengenindex für Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	63
Abbildung 8.4:	Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	64
Abbildung 8.5:	Verkehrsmengenindex für Autobahnen , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	65
Abbildung 8.6:	Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	66
Abbildung 8.7:	Verkehrsmengenindex für Innerortsstrassen , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler).....	67

Abbildung 8.8:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)	69
Abbildung 8.9:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)	71
Abbildung 8.10:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet , alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)	73
Abbildung 9.1:	Berechnungsablauf	78
Abbildung 9.2:	Ablauf der jährlichen Fortschreibung	79
Abbildung 9.3:	Ablauf einer Indexrevision (z. B. für 1995)	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Anwenderkreise und Anwendungsbereiche	8
Tabelle 3.2:	Anwendungsbereiche und Anwendungsgebiete	9
Tabelle 3.3:	Spezifizierung bestimmter Verkehrsgrössen	13
Tabelle 3.4:	Verkehrsgrössen für die Entwicklungsindizes	13
Tabelle 3.5:	Bestimmte Perioden (Aktualisierungsperioden)	14
Tabelle 3.6:	Unterteilung des Strassennetzes nach Typen	14
Tabelle 3.7:	"Strassentypen" für die Entwicklungsindizes	15
Tabelle 3.8:	Verkehrsteilmengen der Entwicklungsindizes	15
Tabelle 3.9:	Raumgliederung der Entwicklungsindizes	16
Tabelle 4.1:	Gliederung des öffentlichen Verkehrs in der Publikation "Der öffentliche Verkehr"	17
Tabelle 4.2:	Unterschiedene Verkehrsträger in der Schweizerischen Verkehrsstatistik	18
Tabelle 4.3:	Angaben je Verkehrsunternehmung des Schienenverkehrs und des öffentlichen Strassenverkehrs in den einschlägigen Publikationen des BFS	18
Tabelle 4.4:	Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr: Anwenderkreise und Anwendungsbereiche	19
Tabelle 4.5:	Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr: Anwendungsbereiche und mögliche Anwendungsgebiete	20
Tabelle 5.1:	Permanente Zählstellen bei Bund und Kantonen	23
Tabelle 5.2:	Link-Datei des digitalen Strassennetzes GVF	24
Tabelle 5.3:	Knoten-Datei des digitalen Strassennetzes GVF	24
Tabelle 5.4:	Zuordnung der Arbeitsmarktreionen zu den Landesteilen	25
Tabelle 5.5:	Zuordnungen zur Bildung des Parameters "Funktion und Lage"	26
Tabelle 5.6:	Repräsentativität des digitalen Strassennetzes GVF	27
Tabelle 5.7:	Linkzuordnung von Querschnittszählern in der Pilotphase	28
Tabelle 5.8:	Nicht verwendbare Querschnittszähler	28
Tabelle 5.9:	Disaggregationsmerkmale für die Berechnung der Entwicklungsindizes	31
Tabelle 5.10:	Zähler mit Daten für die Berechnungen (DTV(24))	32
Tabelle 6.1:	Festgelegte Disaggregationsmerkmale	37
Tabelle 7.1:	Verkehrsmengenindex für die gesamte Schweiz , alle Fahrzeuge (DTV(24))	45
Tabelle 7.2:	Verkehrsmengenindex für Grossstädte , alle Fahrzeuge (DTV(24))	47
Tabelle 7.3:	Verkehrsmengenindex für Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DTV(24))	48
Tabelle 7.4:	Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet , alle Fahrzeuge (DTV(24))	49
Tabelle 7.5:	Verkehrsmengenindex für Autobahnen , alle Fahrzeuge (DTV(24))	50
Tabelle 7.6:	Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen , alle Fahrzeuge (DTV(24))	51

Tabelle 7.7:	Verkehrsmengenindex für Innerortsstrassen , alle Fahrzeuge (DTV(24))	52
Tabelle 7.8:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten , alle Fahrzeuge (DTV(24))	54
Tabelle 7.9:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DTV(24))	56
Tabelle 7.10:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet , alle Fahrzeuge (DTV(24))	58
Tabelle 8.1:	Verkehrsmengenindex für die gesamte Schweiz , alle Fahrzeuge (DWV(24))	61
Tabelle 8.2:	Verkehrsmengenindex für Grossstädte , alle Fahrzeuge (DWV(24))	62
Tabelle 8.3:	Verkehrsmengenindex für Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DWV(24))	63
Tabelle 8.4:	Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet , alle Fahrzeuge (DWV(24))	64
Tabelle 8.5:	Verkehrsmengenindex für Autobahnen , alle Fahrzeuge (DWV(24))	65
Tabelle 8.6:	Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen , alle Fahrzeuge (DWV(24))	66
Tabelle 8.7:	Verkehrsmengenindex für Innerortsstrassen , alle Fahrzeuge (DWV(24))	67
Tabelle 8.8:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten , alle Fahrzeuge (DWV(24))	68
Tabelle 8.9:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen , alle Fahrzeuge (DWV(24))	70
Tabelle 8.10:	Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet , alle Fahrzeuge (DWV(24))	72

Zusammenfassung

Ausgangslage und Zielsetzungen

Bund, Kantone und Gemeinden erheben jedes Jahr umfangreiches Datenmaterial über den Strassenverkehr. Diese Verkehrsdaten dienen den unterschiedlichsten Zwecken und werden in verschiedenster Weise publiziert. Mit diesen Verkehrsdaten werden jedoch keine Untersuchungen im Sinne der Ermittlung einer Kennzahl (Index) für die Entwicklung des Strassenverkehrs in der Schweiz durchgeführt, wie sie beispielsweise von den Konsumentenpreisen her bekannt ist (Landesindex der Konsumentenpreise).

Ziel der Forschungsarbeit ist, den potentiellen Anwenderkreisen mit den Entwicklungsindizes ein Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, mit welchem einfache Abschätzungen der Verkehrszunahme an einem spezifischen Ort bzw. in einem spezifischen Gebiet gemacht werden können.

Disaggregation der Entwicklungsindizes

Die wünschbare und die mögliche Disaggregation der Entwicklungsindizes wird im Rahmen einer Bedürfnisabklärung und einer Analyse des vorhandenen Datenmaterials - dabei erfolgt eine Beschränkung auf Querschnittszählungen - untersucht.

Dabei ergibt sich folgendes Ergebnis: Die Entwicklungsindizes werden für den durchschnittlichen täglichen Verkehr und den durchschnittlichen Werktagsverkehr berechnet. Die Unterscheidung von Fahrzeugkategorien kann zur Zeit nur über die Hilfsgrösse Längenklasse erfolgen. Die Entwicklungsindizes werden disaggregiert nach den folgenden Merkmalen und Ausprägungen berechnet.

Disaggregationsmerkmal	Ausprägung
Agglomerationstyp	Grossstädte (Kernstädte) Agglomerationen übriges Gebiet
Funktion und Lage der Strecke	Autobahnen Innerortsstrassen Ausserortsstrassen

Durch die Kombination dieser Disaggregationsmerkmale lassen sich - wenn die Randtotalen mitgezählt werden - 16 verschiedene Elemente unterscheiden, für die je ein Teilindex berechnet werden muss.

Methode

Für die Berechnung der Entwicklungsindizes werden permanente Querschnittszähler des Bundes und der Kantone verwendet. Die einzelnen Zählwerte werden gewichtet zu den Teilindizes aggregiert. Die Gewichtungsfaktoren werden für verschiedene Belastungsklassen bestimmt. Die für die Zuteilung des Verkehrsnetzes zu den Belastungsklassen notwendigen Grund-Verkehrsbelastungen werden vom Dienst GVF übernommen. Die zu bildenden Belastungsklassen sind abhängig von der Anzahl Zählstellen. Die Gewichtungsfaktoren geben je Belastungsklasse das Verhältnis der totalen Netzlänge zur Netzlänge mit Zählern wieder. Die Gewichtungsfaktoren werden von Jahr zu Jahr neu berechnet, da infolge neuer oder wegfallender Zählstellen die Netzlänge mit Zählern ändern kann.

In jedem der 16 Elemente werden für das Basisjahr (1990) die gezählten Verkehrsmengen unter Verwendung der Gewichte zur durchschnittlichen Belastung aggregiert. In die Berechnung fliessen dabei alle Zählstellen ein, für die Zählwerte sowohl für das Basisjahr wie auch für das erste Folgejahr (1991) vorliegen.

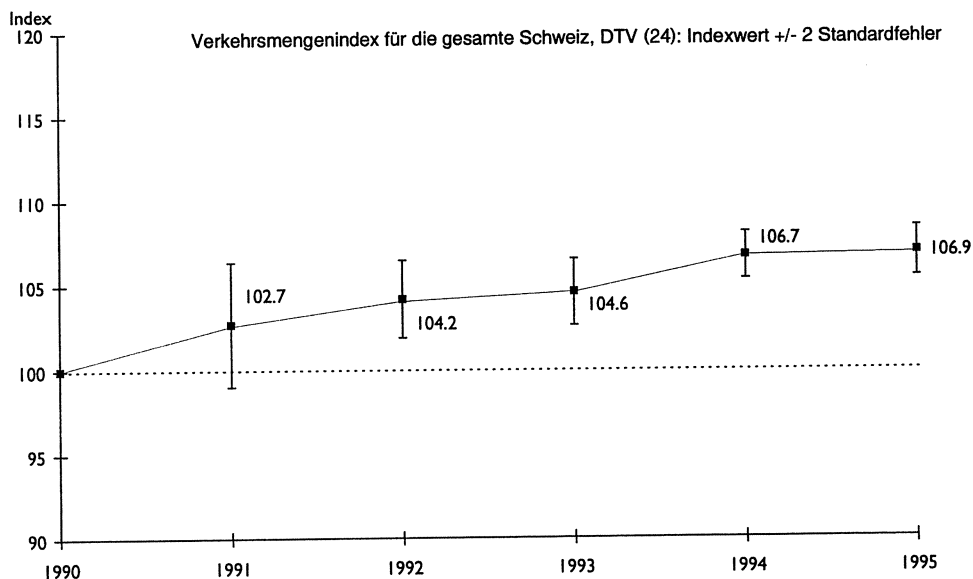
Für das erste Folgejahr werden die Verkehrszählungen auf die gleiche Weise zur durchschnittlichen Belastung aggregiert. Aus den beiden durchschnittlichen Belastungen (Basisjahr und erstes Folgejahr) kann anschliessend der Index berechnet werden.

Die Berechnungen für das zweite - und alle weiteren - Folgejahre erfolgen analog. Das erste Folgejahr bildet dabei für das zweite Folgejahr (1992) eine Art Hilfsbasis. Aus den durchschnittlichen Belastungen für die Hilfsbasis und für das zweite Folgejahr kann die relative Veränderung zwischen dem ersten und dem zweiten Folgejahr bestimmt werden. Anschliessend werden die durchschnittlichen Belastungen des zweiten Folgejahres auf diejenige des Basisjahres (1990) normiert und der Index zwischen dem Basisjahr und dem zweiten Folgejahr (1992) berechnet.

Ergebnisse

Auf den schweizerischen Strassen, d.h. für die durchschnittliche Belastung auf einem mittleren Netzkilometer, ergibt sich für die Periode von 1990 bis 1995 - wie folgende Abbildung zeigt - eine Zunahme des Verkehrs von 6.9 Indexpunkten. Die durchschnittliche Belastung je Streckenkilometer betrug 1990 rund 5'800 Fahrzeuge, 1995 rund 6'200 Fahrzeuge.

Mit den angegebenen Standardfehlern lassen sich Vertrauensintervalle für den Index bestimmen. Damit können Aussagen zur Signifikanz des Indexwertes abgeleitet werden. Das Vertrauensintervall des Indexes für 1991 beinhaltet den Wert von 1990; der berechnete Indexwert von 102.7 ist deshalb nur äusserst knapp von 100 verschieden. Die Indexwerte für die Jahre 1992 bis 1995 sind hingegen deutlich von 100 verschieden.



In der folgenden Tabelle sind die Entwicklungsindizes für den DTV(24) und den DWV(24), disaggregiert nach den Merkmalen "Agglomerationstyp" sowie "Funktion und Lage der Strecke", wiedergegeben.

Jahr	DTV (24)			DWV (24)		
	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index
<i>Verkehrsmengenindex für die gesamte Schweiz, alle Fahrzeuge</i>						
1990	5'806	100.0	-	5'863	100.0	-
1991	5'963	102.7	1.83	6'054	103.3	2.13
1992	6'048	104.2	1.14	6'114	104.3	1.52
1993	6'071	104.6	0.98	6'209	105.9	1.02
1994	6'194	106.7	0.69	6'395	109.1	1.58
1995	6'207	106.9	0.74	6'408	109.3	0.69
<i>Verkehrsmengenindex für Grossstädte, alle Fahrzeuge</i>						
1990	26'617	100.0	-	27'703	100.0	-
1991	26'882	100.8	1.41	27'880	100.6	1.45
1992	27'246	102.4	1.39	28'731	103.7	2.34
1993	27'434	103.1	1.18	28'903	104.3	1.10
1994	27'889	104.8	1.25	29'582	106.8	1.35
1995	27'752	104.3	1.21	29'496	106.5	1.00
<i>Verkehrsmengenindex für Agglomerationen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	8'445	100.0	-	8'427	100.0	-
1991	8'671	102.7	1.90	8'681	103.0	3.16
1992	8'785	104.0	2.63	8'816	104.6	2.38
1993	8'804	104.3	2.02	8'862	105.2	3.09
1994	8'944	105.9	2.16	9'124	108.3	2.62
1995	9'044	107.1	2.59	9'256	109.8	1.11
<i>Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet, alle Fahrzeuge</i>						
1990	3'792	100.0	-	3'870	100.0	-
1991	3'898	102.8	1.14	4'011	103.7	1.30
1992	3'940	103.9	1.04	4'025	104.0	1.34
1993	3'942	104.0	1.05	4'111	106.2	0.92
1994	4'030	106.3	0.78	4'229	109.3	0.97
1995	4'003	105.6	1.24	4'197	108.5	0.77
<i>Verkehrsmengenindex für Autobahnen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	22'706	100.0	-	23'533	100.0	-
1991	23'564	103.8	1.02	24'484	104.0	1.01
1992	24'073	106.0	0.88	24'983	106.2	1.61
1993	24'620	108.4	0.68	25'673	109.1	0.69
1994	25'573	112.6	0.71	26'558	112.9	1.58
1995	26'120	115.0	0.58	27'313	116.1	0.73
<i>Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	3'478	100.0	-	3'587	100.0	-
1991	3'554	102.2	0.77	3'694	103.0	0.71
1992	3'571	102.7	1.39	3'702	103.2	0.62
1993	3'556	102.2	0.99	3'730	104.0	0.71
1994	3'577	102.8	0.84	3'806	106.1	1.13
1995	3'544	101.9	1.11	3'762	104.9	0.80
<i>Verkehrsmengenindex für Innerortsstrassen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	8'918	100.0	-	8'573	100.0	-
1991	8'967	100.6	1.48	8'689	101.4	3.06
1992	8'991	100.8	2.21	8'763	102.2	3.20
1993	8'766	98.3	1.53	8'473	98.8	2.32
1994	8'681	97.4	1.55	8'370	97.6	1.14
1995	8'691	97.5	1.40	8'320	97.1	2.36

Jahr	DTV (24)			DWV (24)		
	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index
<i>Verkehrsmengenindex für Grossstädte/Autobahnen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	49'428	100.0	-	49'354	-	-
1991	50'476	102.1	1.53	50'583	102.5	1.50
1992	51'788	104.8	0.80	53'239	107.9	2.97
1993	52'342	105.9	0.53	54'117	109.7	0.65
1994	53'761	108.8	1.26	56'255	114.0	0.97
1995	53'557	108.4	1.26	56'423	114.3	0.87
<i>Verkehrsmengenindex für Grossstädte /ausserorts (keine Werte, da zu wenig Zählstellen)</i>						
1990	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-
<i>Verkehrsmengenindex für Grossstädte /innerorts, alle Fahrzeuge</i>						
1990	26'625	100.0	-	28'277	100.0	-
1991	26'226	98.5	3.77	27'734	98.1	3.09
1992	26'021	97.7	2.20	27'953	98.9	2.08
1993	25'654	96.4	2.86	26'969	95.4	1.21
1994	25'554	96.0	2.78	26'678	94.4	1.43
1995	25'401	95.4	2.77	26'553	93.9	2.58
<i>Verkehrsmengenindex für Agglomerationen/Autobahnen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	27'228	100.0	-	30'746	100.0	-
1991	28'230	103.7	1.62	31'893	103.7	1.88
1992	29'162	107.1	1.67	32'901	107.0	1.08
1993	29'497	108.3	1.15	33'266	108.2	0.91
1994	30'591	112.4	1.05	34'410	111.9	0.63
1995	31'619	116.1	0.75	35'879	116.7	1.02
<i>Verkehrsmengenindex für Agglomerationen/ausserorts, alle Fahrzeuge</i>						
1990	6'018	100.0	-	5'877	100.0	-
1991	6'168	102.5	3.48	6'039	102.8	2.24
1992	6'187	102.8	1.23	6'082	103.5	1.51
1993	6'190	102.9	1.16	6'128	104.3	1.42
1994	6'148	102.2	0.96	6'322	107.6	1.47
1995	6'122	101.7	2.99	6'304	107.3	1.36
<i>Verkehrsmengenindex für Agglomerationen/innerorts, alle Fahrzeuge</i>						
1990	11'672	100.0	-	11'684	100.0	-
1991	11'923	102.2	1.03	12'006	102.8	1.32
1992	12'039	103.1	0.97	12'110	103.6	1.28
1993	11'869	101.7	0.62	11'917	102.0	0.90
1994	11'817	101.2	0.64	11'883	101.7	0.78
1995	11'700	100.2	0.69	11'637	99.6	0.77
<i>Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet/Autobahnen, alle Fahrzeuge</i>						
1990	15'791	100.0	-	16'052	100.0	-
1991	16'454	104.2	1.36	16'835	104.9	3.08
1992	16'630	105.3	1.01	16'755	104.4	1.91
1993	17'345	109.8	1.26	17'651	110.0	1.01
1994	18'096	114.6	1.05	18'452	115.0	1.03
1995	18'277	115.8	1.09	18'757	116.9	1.34

Jahr	DTV (24)			DWV (24)		
	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index
<i>Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet/ausserorts, alle Fahrzeuge</i>						
1990	2'604	100.0	-	2'814	100.0	-
1991	2'664	102.3	0.76	2'907	103.3	0.72
1992	2'687	103.2	0.76	2'912	103.5	1.49
1993	2'644	101.5	1.48	2'916	103.6	0.68
1994	2'686	103.2	1.19	2'991	106.3	1.03
1995	2'669	102.5	0.87	2'981	105.9	1.38
<i>Verkehrsmengenindex für das übrige Gebiet/innerorts, alle Fahrzeuge</i>						
1990	4'380	100.0	-	4'106	-	-
1991	4'424	101.0	1.57	4'195	102.2	2.95
1992	4'456	101.7	1.06	4'193	102.1	2.99
1993	4'291	98.0	0.92	3'939	95.9	1.43
1994	4'363	99.6	1.20	4'021	97.9	2.34
1995	4'409	100.7	1.01	3'973	96.8	2.14

Beurteilung der Ergebnisse

Mit den verwendeten Zählstellen und der für die Gewichtung ausgearbeiteten Methode konnten für den DTV - für alle Fahrzeuge - durchschnittliche Belastungen und Teilindizes für das übergeordnete Netz (National- und Kantonsstrassen) für die Merkmale „Agglomerationstyp“ sowie „Funktion und Lage der Strecke“ berechnet werden. Diese Indizes sind plausibel und können als Hilfsmittel für einfache Abschätzungen der Verkehrszunahme verwendet werden.

Die analogen Teilindizes für den DWV sind teilweise mit Vorsicht zu interpretieren. Entwicklungsindizes für Fahrzeuge nach Längenklassen konnten nur für Autobahnen und Ausserortsstrassen berechnet werden.

Notwendigkeit einer Institutionalisierung

Das Ziel der Forschungsarbeit, mit den Entwicklungsindizes ein Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, mit welchem einfache Abschätzungen der Verkehrszunahme an einem spezifischen Ort bzw. in einem spezifischen Gebiet gemacht werden können, wurde erreicht.

Damit sind die Grundlagen für eine Institutionalisierung der Verkehrsmengenindizes analog dem Vorbild „Landesindex der Konsumentenpreise“ geschaffen. Eine solche Institutionalisierung ist notwendig, denn die Anwenderkreise sind an jährlich fortgeschriebenen Indizes interessiert.

Résumé

Données de base et but de l'étude

Chaque année, la Confédération, les cantons les communes récoltent une quantité importante de données sur le trafic routier. Ces données de trafic routier servent à des buts divers et sont publiées sous différentes formes. Cependant, ces données de trafic routier ne sont pas utilisées pour la définition d'un résultat (index) servant à déterminer l'évolution du trafic routier en Suisse, comme, par exemple sont connus les prix à la consommation (index national de la consommation).

Le but du présent mandat de recherche est de mettre à disposition des utilisateurs potentiels un moyen à l'aide duquel il est possible d'effectuer des estimations simples de l'augmentation du trafic à des endroits spécifiques, respectivement dans des régions spécifiques.

Désagrégation de l'index d'évolution

La désagrégation souhaitée et possible de l'index de l'évolution est étudiée dans le cadre d'une détermination des besoins et d'une analyse des données de base à disposition, ce qui entraîne une limitation aux comptages en section.

Ceci donne le résultat suivant: Les index d'évolution sont calculés pour trafic journalier moyen et le trafic d'un jour de semaine moyen. La distinction entre les catégories de véhicules ne peut se faire actuellement qu'à l'aide de la classification par longueur. Les index d'évolution sont désagrégés et sont calculés selon les types et les critères suivants:

Type de désagrégation	Critère
Type d'agglomération	Villes (centre-villes) Agglomérations Autres régions
Fonction et genre de tronçon	Autoroutes Routes à l'intérieur de localités Routes hors localités

Par la combinaison de ces types de désagrégation, et en tenant compte des totaux partiels, il est possible de distinguer 16 éléments différents, pour lesquels il faut calculer un index partiel.

Méthode

Pour le calcul de l'index d'évolution, on utilise les comptages en section permanents de la Confédération et des cantons. Les différentes valeurs sont pondérées et agrégées à l'index partiel. Les facteurs de pondération sont déterminés pour les différentes classes de trafic. Les charges déterminantes utiles à la classification du réseau et des charges de trafic sont reprises des données de l'Etat-major du service d'étude des transports (SET - GVF). Les classes de trafic à former sont dépendantes du nombre de postes de comptage. Les facteurs de pondération donnent, selon la classe de trafic, la proportion entre la longueur totale du réseau et la longueur du réseau avec des postes de comptage. Les facteurs de pondération sont recalculés chaque année, du fait que la longueur du réseau avec des postes de comptage peut varier suite à la suppression d'anciens ou l'installation de nouveaux compteurs.

Dans chacun des 16 éléments, pour l'année de référence (1990), la charge moyenne est agrégée sur la base du volume de trafic en tenant compte de la pondération. Dans ce calcul, tous les postes de comptages sont pris en compte, tant pour les valeurs, l'année de référence et la première année suivant l'année de référence (1991).

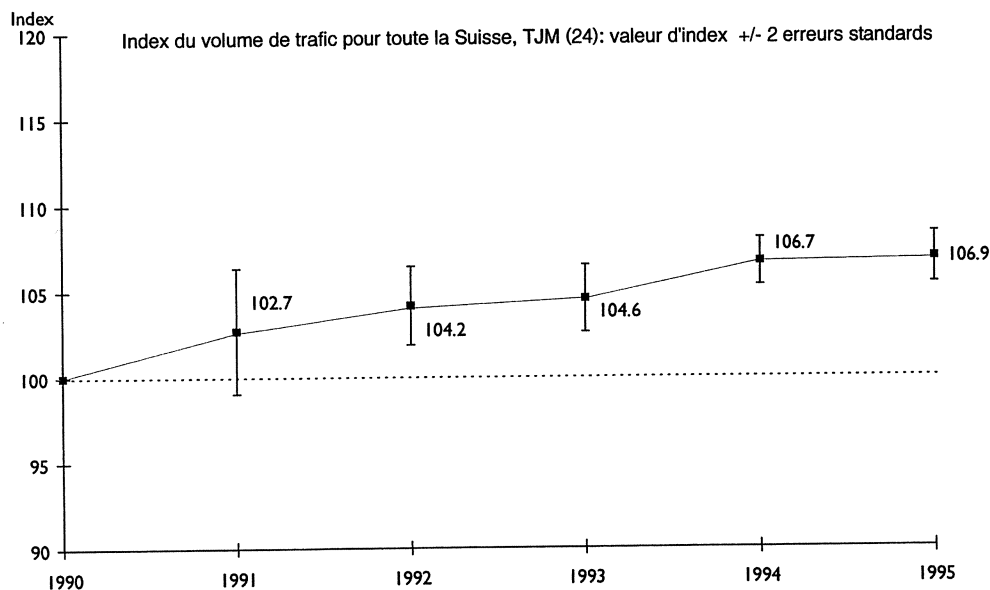
Pour la première année suivante, les comptages seront agrégés de la même manière à des valeurs de charges moyennes. De ces deux charges moyennes (année de référence et année suivante) il est possible de calculer l'index.

Les calculs pour la deuxième et les autres années suivant l'année de référence (1992) se font de la même manière. La première année suivant l'année de référence forme ainsi pour la deuxième année (1992) une sorte de base d'aide. Sur la base des charges moyennes pour la base d'aide et pour la deuxième année, il est possible de déterminer les changements relatifs entre la première et la deuxième année. Ensuite les charges moyennes de la deuxième année sont normées sur celles de l'année de référence (1990) et l'index d'évolution entre l'année de référence et la deuxième année (1992) est calculé.

Résultats

Sur les routes suisses, en tenant compte de la charge moyenne sur un kilométrage moyen du réseau, et pour la période de 1990 à 1995, il est constaté une augmentation du trafic de 6.9 points d'index comme le montre le schéma ci-après. La charge moyenne par kilomètre de tronçon était d'environ 5'800 véhicules en 1990 et d'environ 6'200 véhicules en 1995.

Avec les erreurs standards, il est possible de déterminer des intervalles de confiance pour l'index. Ceci permet de déterminer la signification de la valeur de l'index. L'intervalle de confiance de l'index pour 1991 contient la valeur de 1990; la valeur calculée de l'index de 102.7 n'est de ce fait que peu différente par rapport à 100. Par contre, les valeurs d'index pour les années 1992 à 1995 sont très différentes par rapport à 100.



Dans les tableaux suivants sont représentés les index d'évolution pour le TJM(24) et le TJOM(24), désagrégés selon le critère "type d'agglomération" et "fonction et localisation du tronçon".

Année	TJM (24)			TJOM (24)		
	Charge Moyenne	Index	Erreur standard Index	Charge Moyenne	Index	Erreur standard Index
<i>Index du volume de trafic pour toute la Suisse, tous les véhicules</i>						
1990	5'806	100.0	-	5'863	100.0	-
1991	5'963	102.7	1.83	6'054	103.3	2.13
1992	6'048	104.2	1.14	6'114	104.3	1.52
1993	6'071	104.6	0.98	6'209	105.9	1.02
1994	6'194	106.7	0.69	6'395	109.1	1.58
1995	6'207	106.9	0.74	6'408	109.3	0.69
<i>Index du volume de trafic pour les villes, tous les véhicules</i>						
1990	26'617	100.0	-	27'703	100.0	-
1991	26'882	100.8	1.41	27'880	100.6	1.45
1992	27'246	102.4	1.39	28'731	103.7	2.34
1993	27'434	103.1	1.18	28'903	104.3	1.10
1994	27'889	104.8	1.25	29'582	106.8	1.35
1995	27'752	104.3	1.21	29'496	106.5	1.00
<i>Index du volume de trafic pour les agglomérations, tous les véhicules</i>						
1990	8'445	100.0	-	8'427	100.0	-
1991	8'671	102.7	1.90	8'681	103.0	3.16
1992	8'785	104.0	2.63	8'816	104.6	2.38
1993	8'804	104.3	2.02	8'862	105.2	3.09
1994	8'944	105.9	2.16	9'124	108.3	2.62
1995	9'044	107.1	2.59	9'256	109.8	1.11
<i>Index du volume de trafic pour les autres régions, tous les véhicules</i>						
1990	3'792	100.0	-	3'870	100.0	-
1991	3'898	102.8	1.14	4'011	103.7	1.30
1992	3'940	103.9	1.04	4'025	104.0	1.34
1993	3'942	104.0	1.05	4'111	106.2	0.92
1994	4'030	106.3	0.78	4'229	109.3	0.97
1995	4'003	105.6	1.24	4'197	108.5	0.77
<i>Index du volume de trafic pour les autoroutes, tous les véhicules</i>						
1990	22'706	100.0	-	23'533	100.0	-
1991	23'564	103.8	1.02	24'484	104.0	1.01
1992	24'073	106.0	0.88	24'983	106.2	1.61
1993	24'620	108.4	0.68	25'673	109.1	0.69
1994	25'573	112.6	0.71	26'558	112.9	1.58
1995	26'120	115.0	0.58	27'313	116.1	0.73
<i>Index du volume de trafic pour les routes hors localités, tous les véhicules</i>						
1990	3'478	100.0	-	3'587	100.0	-
1991	3'554	102.2	0.77	3'694	103.0	0.71
1992	3'571	102.7	1.39	3'702	103.2	0.62
1993	3'556	102.2	0.99	3'730	104.0	0.71
1994	3'577	102.8	0.84	3'806	106.1	1.13
1995	3'544	101.9	1.11	3'762	104.9	0.80
<i>Index du volume de trafic pour les routes à l'intérieur des localités, tous les véhicules</i>						
1990	8'918	100.0	-	8'573	100.0	-
1991	8'967	100.6	1.48	8'689	101.4	3.06
1992	8'991	100.8	2.21	8'763	102.2	3.20
1993	8'766	98.3	1.53	8'473	98.8	2.32
1994	8'681	97.4	1.55	8'370	97.6	1.14
1995	8'691	97.5	1.40	8'320	97.1	2.36

Année	TJM (24)			TJOM (24)		
	Charge Moyenne	Index	Erreur standard Index	Charge Moyenne	Index	Erreur standard Index
<i>Index du volume de trafic pour les villes / autoroutes, tous les véhicules</i>						
1990	49'428	100.0	-	49'354	-	-
1991	50'476	102.1	1.53	50'583	102.5	1.50
1992	51'788	104.8	0.80	53'239	107.9	2.97
1993	52'342	105.9	0.53	54'117	109.7	0.65
1994	53'761	108.8	1.26	56'255	114.0	0.97
1995	53'557	108.4	1.26	56'423	114.3	0.87
<i>Index du volume de trafic pour les villes / hors localités (aucune valeur; trop peu de postes de comptage)</i>						
1990	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-
<i>Index du volume de trafic pour les villes / à l'intérieur des localités, tous les véhicules</i>						
1990	26'625	100.0	-	28'277	100.0	-
1991	26'226	98.5	3.77	27'734	98.1	3.09
1992	26'021	97.7	2.20	27'953	98.9	2.08
1993	25'654	96.4	2.86	26'969	95.4	1.21
1994	25'554	96.0	2.78	26'678	94.4	1.43
1995	25'401	95.4	2.77	26'553	93.9	2.58
<i>Index du volume de trafic pour les agglomérations / autoroutes, tous les véhicules</i>						
1990	27'228	100.0	-	30'746	100.0	-
1991	28'230	103.7	1.62	31'893	103.7	1.88
1992	29'162	107.1	1.67	32'901	107.0	1.08
1993	29'497	108.3	1.15	33'266	108.2	0.91
1994	30'591	112.4	1.05	34'410	111.9	0.63
1995	31'619	116.1	0.75	35'879	116.7	1.02
<i>Index du volume de trafic pour les agglomérations / hors localités, tous les véhicules</i>						
1990	6'018	100.0	-	5'877	100.0	-
1991	6'168	102.5	3.48	6'039	102.8	2.24
1992	6'187	102.8	1.23	6'082	103.5	1.51
1993	6'190	102.9	1.16	6'128	104.3	1.42
1994	6'148	102.2	0.96	6'322	107.6	1.47
1995	6'122	101.7	2.99	6'304	107.3	1.36
<i>Index du volume de trafic pour les agglomérations / à l'intérieur des localités, tous les véhicules</i>						
1990	11'672	100.0	-	11'684	100.0	-
1991	11'923	102.2	1.03	12'006	102.8	1.32
1992	12'039	103.1	0.97	12'110	103.6	1.28
1993	11'869	101.7	0.62	11'917	102.0	0.90
1994	11'817	101.2	0.64	11'883	101.7	0.78
1995	11'700	100.2	0.69	11'637	99.6	0.77
<i>Index du volume de trafic pour les autres régions / autoroutes, tous les véhicules</i>						
1990	15'791	100.0	-	16'052	100.0	-
1991	16'454	104.2	1.36	16'835	104.9	3.08
1992	16'630	105.3	1.01	16'755	104.4	1.91
1993	17'345	109.8	1.26	17'651	110.0	1.01
1994	18'096	114.6	1.05	18'452	115.0	1.03
1995	18'277	115.8	1.09	18'757	116.9	1.34

Année	TJM (24)			TJOM (24)		
	Charge Moyenne	Index	Erreur standard Index	Charge Moyenne	Index	Erreur standard Index
<i>Index du volume de trafic pour les autres régions / hors localités, tous les véhicules</i>						
1990	2'604	100.0	-	2'814	100.0	-
1991	2'664	102.3	0.76	2'907	103.3	0.72
1992	2'687	103.2	0.76	2'912	103.5	1.49
1993	2'644	101.5	1.48	2'916	103.6	0.68
1994	2'686	103.2	1.19	2'991	106.3	1.03
1995	2'669	102.5	0.87	2'981	105.9	1.38
<i>Index du volume de trafic pour les autres régions / à l'intérieur des localités, tous les véhicules</i>						
1990	4'380	100.0	-	4'106	-	-
1991	4'424	101.0	1.57	4'195	102.2	2.95
1992	4'456	101.7	1.06	4'193	102.1	2.99
1993	4'291	98.0	0.92	3'939	95.9	1.43
1994	4'363	99.6	1.20	4'021	97.9	2.34
1995	4'409	100.7	1.01	3'973	96.8	2.14

Evaluation des résultats

A l'aide des postes de comptages et les méthodes de pondération élaborées, il a été possible de calculer pour le trafic journalier moyen TJM - pour tous les véhicules - les charges moyennes et l'index partiel pour le réseau principal (routes nationales et routes cantonales) pour les critères "type d'agglomération" et "fonction et localisation du tronçon". Ces index sont plausibles et peuvent être utilisés comme aide pour des estimations simples d'augmentation du trafic.

Les index partiels analogues pour le trafic TJOM sont à interpréter avec prudence dans certains cas. Les index d'évolution pour les véhicules selon la classe de longueur n'ont pu être calculés que pour les autoroutes et les routes hors localités.

Nécessité d'une institutionnalisation

Le but du mandat de recherche, de mettre à disposition à l'aide de l'index d'évolution une aide avec laquelle des estimations simples d'augmentation du volume de trafic à des endroits spécifiques, respectivement une région spécifique, a été atteint.

Ceci constitue la base pour une institutionnalisation de l'index du volume de trafic analogue à celui de "l'index des prix à la consommation". Une telle institutionnalisation est nécessaire, car les utilisateurs sont intéressés à obtenir les index annuels en continu.

Summary

Initial situation and objectives

Each year the Confederation, the cantons and the local authorities collect a considerable quantity of data concerning road traffic. These data serve various purposes and are published in differing forms. However, unlike the national consumer price index, these road traffic data are not used for the calculation of a similar index aimed at determining the development of road traffic in Switzerland.

The aim of the present study is to make available to potential users a means calculated to help in the straightforward estimation of growth in road traffic at specific points on the network or in specific regions.

Classification of the development index

The desirable and achievable classification of the development index is studied to provide clarification of requirements and to facilitate analysis of the basic data available; this involves limiting the cross-sectional count.

This yields the following results: the development indices are calculated for the average daily traffic (ADT) and for the average week-day traffic (AWDT). Classification of vehicle category is at present limited to vehicle length. The development indices are classified and calculated according to the following types and criteria:

Types of classification	Criteria
Type of agglomeration	Towns (town centres) Agglomerations Other regions
Function and type of the road stretch	Motorways Roads in built-up areas Roads outside built-up areas

By combining these types of classification and by taking into account the sub-totals, it is possible to identify 16 different elements, each requiring the calculation of a partial index.

Method

The permanent cross-sectional counts of the Confederation and the cantons are used to calculate the development index. The individual values are weighted and classified into the partial index and the weighing factors are determined for the various traffic categories. The base traffic volume required to classify the network according to usage were obtained from the headquarters of SET/GVF (Transport Study Service). The traffic categories created depend on the number of counting stations. For each traffic category, the weighing factors are adjusted so that the length of the sampling stretches suitably represents the total length of the network. The weighing factors are recalculated each year since the length of network with counting points can vary as a result of the decommissioning of old counters and the installation of new ones.

In each of the 16 elements for the reference year (1990) the basic volume is classified according to the traffic volume taking into account the weighing factors. All the counting stations

are taken into account, both for the reference year and the first year following the reference year (1991), for calculating these values.

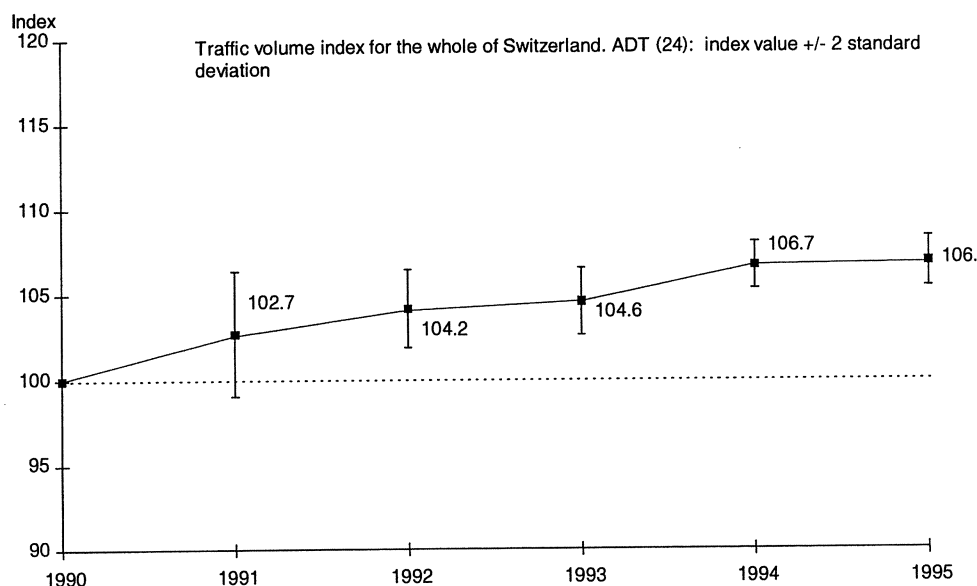
For the first year following the reference year, the counts are classified into average traffic volumes in the same way. From these two average traffic volumes (for the reference year and the year following) it is possible to calculate the index.

The calculations for the second and other years following the reference year (1992 onwards) are made in the same way. The first year following the reference year thus forms a sort of guideline for the second year (1992). On the basis of the average traffic volumes used for this guideline and for the second year it is possible to determine relative changes between the first and the second year. Subsequently the average traffic volumes in the second year are normalised on those of the reference year (1990) and the development index between the reference year and the second year (1992) is calculated.

Results

As shown in the table below, an increase in traffic of 6.9 points on the index was registered on Swiss roads during the period 1990 to 1995, taking into account the average traffic volume on an average kilometre in the network. The average traffic volume per kilometre of road was approximately 5,800 vehicles in 1990 and approximately 6,200 vehicles in 1995.

By applying the standard deviation it was possible to determine confidence intervals for the index. This in turn allows the significance of the index value to be determined. The confidence interval of the index for 1991 contains the value of 1990; the value of 102.7 calculated on the index therefore differs little in comparison with 100. On the other hand, the index values for the years 1992 to 1995 are very different in comparison with 100.



In the following tables the development index for the average daily traffic (24) and the average weekday traffic (24) are represented classified according to the criteria "type of agglomeration" and "function and location of the road stretch".

Year	ADT(24)			AWDT(24)		
	Average traffic volume	Index	Standard deviation	Average traffic volume	Index	Standard deviation
<i>Traffic volume index for the whole of Switzerland, all vehicles</i>						
1990	5'806	100.0	-	5'863	100.0	-
1991	5'963	102.7	1.83	6'054	103.3	2.13
1992	6'048	104.2	1.14	6'114	104.3	1.52
1993	6'071	104.6	0.98	6'209	105.9	1.02
1994	6'194	106.7	0.69	6'395	109.1	1.58
1995	6'207	106.9	0.74	6'408	109.3	0.69
<i>Traffic volume index for towns (town centres), all vehicles</i>						
1990	26'617	100.0	-	27'703	100.0	-
1991	26'882	100.8	1.41	27'880	100.6	1.45
1992	27'246	102.4	1.39	28'731	103.7	2.34
1993	27'434	103.1	1.18	28'903	104.3	1.10
1994	27'889	104.8	1.25	29'582	106.8	1.35
1995	27'752	104.3	1.21	29'496	106.5	1.00
<i>Traffic volume index for agglomerations, all vehicles</i>						
1990	8'445	100.0	-	8'427	100.0	-
1991	8'671	102.7	1.90	8'681	103.0	3.16
1992	8'785	104.0	2.63	8'816	104.6	2.38
1993	8'804	104.3	2.02	8'862	105.2	3.09
1994	8'944	105.9	2.16	9'124	108.3	2.62
1995	9'044	107.1	2.59	9'256	109.8	1.11
<i>Traffic volume index for other regions, all vehicles</i>						
1990	3'792	100.0	-	3'870	100.0	-
1991	3'898	102.8	1.14	4'011	103.7	1.30
1992	3'940	103.9	1.04	4'025	104.0	1.34
1993	3'942	104.0	1.05	4'111	106.2	0.92
1994	4'030	106.3	0.78	4'229	109.3	0.97
1995	4'003	105.6	1.24	4'197	108.5	0.77
<i>Traffic volume index for motorways, all vehicles</i>						
1990	22'706	100.0	-	23'533	100.0	-
1991	23'564	103.8	1.02	24'484	104.0	1.01
1992	24'073	106.0	0.88	24'983	106.2	1.61
1993	24'620	108.4	0.68	25'673	109.1	0.69
1994	25'573	112.6	0.71	26'558	112.9	1.58
1995	26'120	115.0	0.58	27'313	116.1	0.73
<i>Traffic volume index for roads outside built-up areas, all vehicles</i>						
1990	3'478	100.0	-	3'587	100.0	-
1991	3'554	102.2	0.77	3'694	103.0	0.71
1992	3'571	102.7	1.39	3'702	103.2	0.62
1993	3'556	102.2	0.99	3'730	104.0	0.71
1994	3'577	102.8	0.84	3'806	106.1	1.13
1995	3'544	101.9	1.11	3'762	104.9	0.80
<i>Traffic volume index for roads in built-up areas, all vehicles</i>						
1990	8'918	100.0	-	8'573	100.0	-
1991	8'967	100.6	1.48	8'689	101.4	3.06
1992	8'991	100.8	2.21	8'763	102.2	3.20
1993	8'766	98.3	1.53	8'473	98.8	2.32
1994	8'681	97.4	1.55	8'370	97.6	1.14
1995	8'691	97.5	1.40	8'320	97.1	2.36

Year	ADT(24)			AWDT(24)		
	Average traffic volume	Index	Standard deviation	Average traffic volume	Index	Standard deviation
<i>Traffic volume index for towns (town centres) / motorways, all vehicles</i>						
1990	49'428	100.0	-	49'354	-	-
1991	50'476	102.1	1.53	50'583	102.5	1.50
1992	51'788	104.8	0.80	53'239	107.9	2.97
1993	52'342	105.9	0.53	54'117	109.7	0.65
1994	53'761	108.8	1.26	56'255	114.0	0.97
1995	53'557	108.4	1.26	56'423	114.3	0.87
<i>Traffic volume index for towns (town centres) / roads outside built-up areas, all vehicles (no values, insufficient counting points)</i>						
1990	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-
<i>Traffic volume index for towns (town centres) / roads in built-up areas, all vehicles</i>						
1990	26'625	100.0	-	28'277	100.0	-
1991	26'226	98.5	3.77	27'734	98.1	3.09
1992	26'021	97.7	2.20	27'953	98.9	2.08
1993	25'654	96.4	2.86	26'969	95.4	1.21
1994	25'554	96.0	2.78	26'678	94.4	1.43
1995	25'401	95.4	2.77	26'553	93.9	2.58
<i>Traffic volume index for agglomerations / motorways, all vehicles</i>						
1990	27'228	100.0	-	30'746	100.0	-
1991	28'230	103.7	1.62	31'893	103.7	1.88
1992	29'162	107.1	1.67	32'901	107.0	1.08
1993	29'497	108.3	1.15	33'266	108.2	0.91
1994	30'591	112.4	1.05	34'410	111.9	0.63
1995	31'619	116.1	0.75	35'879	116.7	1.02
<i>Traffic volume index for agglomerations / roads outside built-up areas), all vehicles</i>						
1990	6'018	100.0	-	5'877	100.0	-
1991	6'168	102.5	3.48	6'039	102.8	2.24
1992	6'187	102.8	1.23	6'082	103.5	1.51
1993	6'190	102.9	1.16	6'128	104.3	1.42
1994	6'148	102.2	0.96	6'322	107.6	1.47
1995	6'122	101.7	2.99	6'304	107.3	1.36
<i>Traffic volume index for agglomerations / roads in built-up areas), all vehicles</i>						
1990	11'672	100.0	-	11'684	100.0	-
1991	11'923	102.2	1.03	12'006	102.8	1.32
1992	12'039	103.1	0.97	12'110	103.6	1.28
1993	11'869	101.7	0.62	11'917	102.0	0.90
1994	11'817	101.2	0.64	11'883	101.7	0.78
1995	11'700	100.2	0.69	11'637	99.6	0.77
<i>Traffic volume index for other regions / motorways, all vehicles</i>						
1990	15'791	100.0	-	16'052	100.0	-
1991	16'454	104.2	1.36	16'835	104.9	3.08
1992	16'630	105.3	1.01	16'755	104.4	1.91
1993	17'345	109.8	1.26	17'651	110.0	1.01
1994	18'096	114.6	1.05	18'452	115.0	1.03
1995	18'277	115.8	1.09	18'757	116.9	1.34

Year	ADT(24)			AWDT(24)		
	Average traffic volume	Index	Standard deviation	Average traffic volume	Index	Standard deviation
<i>Traffic volume index for other regions / roads outside built-up areas, all vehicles</i>						
1990	2'604	100.0	-	2'814	100.0	-
1991	2'664	102.3	0.76	2'907	103.3	0.72
1992	2'687	103.2	0.76	2'912	103.5	1.49
1993	2'644	101.5	1.48	2'916	103.6	0.68
1994	2'686	103.2	1.19	2'991	106.3	1.03
1995	2'669	102.5	0.87	2'981	105.9	1.38
<i>Traffic volume index for other regions / roads in built-up areas, all vehicles</i>						
1990	4'380	100.0	-	4'106	-	-
1991	4'424	101.0	1.57	4'195	102.2	2.95
1992	4'456	101.7	1.06	4'193	102.1	2.99
1993	4'291	98.0	0.92	3'939	95.9	1.43
1994	4'363	99.6	1.20	4'021	97.9	2.34
1995	4'409	100.7	1.01	3'973	96.8	2.14

Evaluation of the Results

With the help of the counting points and elaborate methods of weighing, it has been possible to calculate the average volumes and the partial index for the main network (national and cantonal roads) for the criteria "types of agglomeration" and "function and location of the road stretch" for the average daily traffic and for all vehicles. These indices are plausible and may be used as an aid in making simple estimations of traffic growth.

Partial, analogous indices for the average weekday traffic (AWDT) should be interpreted with prudence in certain cases. It was only possible to calculate the development indices for vehicles classified according to their length in the case of motorways and roads outside built-up areas.

The Necessity of Institutionalisation

The objective of the research mandate, that of making available by virtue of a development index a guideline permitting estimations of increases in the volume of traffic at specific points or in specific regions, has been achieved.

This constitutes the basis for the institutionalisation of the index of the traffic volume analogous to that of the "index of consumer goods prices". Institutionalisation of this kind is necessary since its potential users are interested in obtaining annual indices on a continual basis.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

1.1 Ausgangslage

Jedes Jahr wird vom Bund, den Kantonen und Gemeinden umfangreiches Datenmaterial über den Strassenverkehr erhoben. Diese Verkehrsdaten dienen den unterschiedlichsten Zwecken und werden in verschiedenster Weise publiziert.

Mit diesen Verkehrsdaten werden jedoch keine Untersuchungen im Sinne der Ermittlung einer Kennzahl (Index) für die Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs durchgeführt, wie sie beispielsweise von den Konsumentenpreisen her bekannt ist (Landesindex der Konsumentenpreise).

In einer 1981 veröffentlichten Forschungsarbeit¹ wurden Vorschläge für die Berechnung und die Institutionalisierung von Indexzahlen², welche Auskunft über die mengenmässige Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs geben, gemacht. Insbesondere wurden die Bedürfnisse der an der Verkehrsentwicklung interessierten Stellen in umfassender Weise abgeklärt sowie die massgebenden Grössen für die Berechnung der Verkehrsentwicklung ermittelt. Mit dieser Forschungsarbeit konnte eine wichtige Zwischenstufe auf dem Weg zu aussagekräftigen Kennwerten über die Entwicklung des Strassenverkehrs in der Schweiz erreicht werden. Das Umsetzen der Ergebnisse in die Praxis sowie die Institutionalisierung wurde im Anschluss an die Forschungsarbeit jedoch nicht weiterverfolgt.

1.2 Zielsetzung

Aufgrund des Bedürfnisses an Entwicklungsindizes von verschiedenen Kreisen wurde von der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure die vorliegende Forschungsarbeit initiiert. Mit ihr wird folgende Zielsetzung verfolgt:

In Fortsetzung der seinerzeitigen Arbeiten sollen zur Festlegung der Entwicklung des Strassenverkehrs in der Schweiz Entwicklungsindizes erarbeitet werden.

Die in der damaligen Forschungsarbeit festgestellten Bezugsgrössen (Strassenklasse, Region, Siedlungstyp, Zeitabschnitt, Fahrzeugkategorie) sollen kritisch überprüft und gegebenenfalls modifiziert werden. Analog und im Zusammenhang damit soll die vorgeschlagene Berechnungsmethode bestätigt oder angepasst, im Detail ausgearbeitet und in einer Pilotstudie ausgetestet werden.

Ziel der Forschungsarbeit ist es, mit den Entwicklungsindizes ein Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, mit welchem einfache Abschätzungen der Verkehrszunahme an einem spezifischen Ort bzw. in einem spezifischen Gebiet gemacht werden können. Die Entwicklungsindizes jedoch sind kein Instrument zur Durchführung exakter Berechnungen.

¹ EVED, ASB. Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs. SVI-Forschungsarbeit 36/80. Zürich, 1981.

² Die wichtigsten Begriffe und Abkürzungen sind in Anhang A5 erläutert.

2 Vorgehen

Die Bearbeitung der Forschungsarbeit erfolgte nach dem im folgenden beschriebenen und in Abbildung 2.1 dargestellten Vorgehen in 5 Blöcken.

Block 1: Bedürfnisabklärung

Die Wünsche und Bedürfnisse an Entwicklungsindizes der an diesen Indizes interessierten Kreisen sind breitgefächert. Vor der Entwicklung einer Methodik und der eigentlichen Berechnung von Entwicklungsindizes galt es deshalb, diese Wünsche und Bedürfnisse auszuloten.

Für das Feststellen der Bedürfnisse wurden in erster Linie die Ergebnisse der SVI-Forschungsarbeit 36/80 sowie die im Rahmen der Voranalyse der STRADA-DB-Pilotapplikation "Verkehrsdaten"³ gewonnenen Erkenntnisse verwendet. Die Ergebnisse dieser beiden Untersuchungen werden überprüft, zusammengeführt, neu gewichtet und mit zusätzlichen Abklärungen ergänzt.

Block 2: Methodik für Strassenverkehrsindizes

Die Herleitung der Methode für die Berechnung von Entwicklungsindizes erfolgte unter Beachtung folgender Randbedingungen:

- Bedürfnisse der potentiellen Anwender
- Ergebnisse der SVI-Forschungsarbeit 36/80
- Übertragbarkeit der Konzepte aus der Theorie der Indexzahlen⁴
- Vorhandenem Datenmaterial: Querschnittszählungen, Mikrozensus "Verkehr", periodische Erhebung Fahrleistungen (PEFA) etc. Im Laufe der Bearbeitung erfolgte eine Beschränkung auf die Querschnittszählungen.

Block 3: Entwicklungsindizes für den öffentlichen Verkehr

Für den öffentlichen Verkehr wurde abgeklärt, ob die Berechnung von Entwicklungsindizes notwendig ist.

Block 4: Berechnung und Verifizierung

Mittels Berechnung der Indizes für 5 Testjahre wurde die hergeleitete Methodik auf ihre Tauglichkeit in der Praxis überprüft und modifiziert. Neben der Tauglichkeit der Methodik wurde auch die Plausibilität der Ergebnisse überprüft.

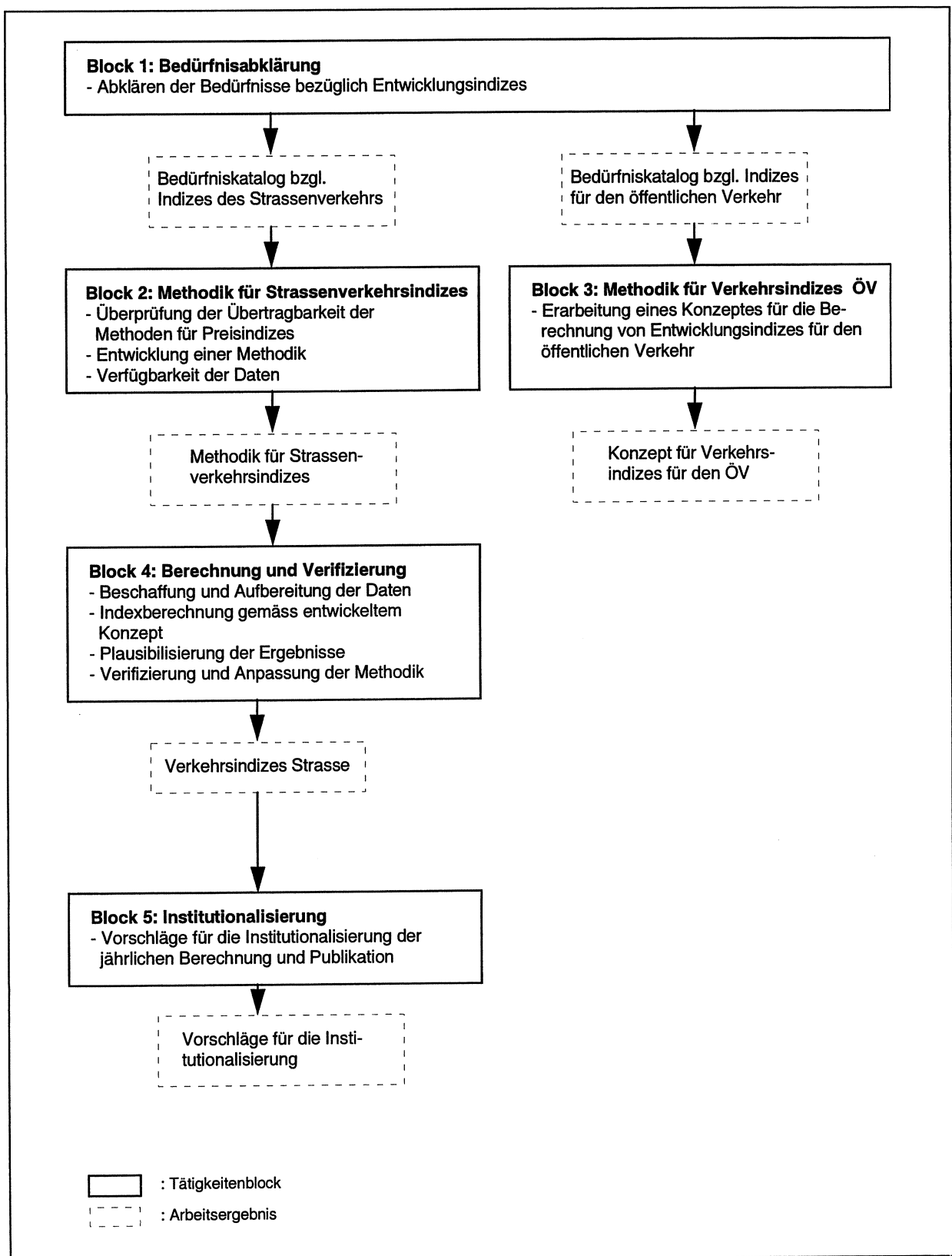
Block 5: Institutionalisierung

Mit der Forschungsarbeit wurden die Grundlagen für eine Institutionalisierung der Entwicklungsindizes geschaffen. Es wurden deshalb in diesem Zusammenhang auch Vorschläge bezüglich einer Institutionalisierung (jährliche Fortschreibung, Indexrevision) ausgearbeitet.

³ EVED ASB / Tiefbauamt des Kantons Aargau. STRADA-DB Voranalyse für die Pilotapplikation Verkehrsdaten. Baden, 1994.

⁴ Am Beispiel eines Preisindex: Welcher Verkehrsgrösse kommt die Rolle der Preise zu, welcher die Rolle der Mengen?

Abbildung 2.1: Vorgehen



Die die Forschungsarbeit begleitende Kommission setzte sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:

Herr Curt Zuberbühler (Präsident)

Herr Felix Bosshard

Herr Pierre Caille

Herr Werner Kündig

Frau Danièle Müller

Frau Zlata Oblozinska

Herr Marco Sailer

Herr Walter Züst

Die Forschungsstelle dankt den Mitgliedern für ihre Mitarbeit und ihre wertvollen Anregungen.

3 Bedürfnisse an Entwicklungsindizes im Strassenverkehr

3.1 Einleitende Bemerkungen

Begründung der Bedürfnisanalyse

Die Wünsche und Bedürfnisse der Anwenderkreise an Entwicklungsindizes sind breitgefächert. Vor der Entwicklung einer Methodik und der eigentlichen Berechnung von Entwicklungsindizes gilt es deshalb als erstes die potentiellen Anwenderkreise zu identifizieren und deren Wünsche und Bedürfnisse auszuloten.

Anforderungen und Bedürfnisse

Bei der Bestimmung von Entwicklungsindizes im Strassenverkehr kann unterschieden werden zwischen den Anforderungen aus der Indextheorie⁵, welchen die Indizes zu genügen haben und den Bedürfnissen hinsichtlich deren Aussagefähigkeit bzw. Disaggregationsgrad, welche seitens der Anwender an die Indizes gestellt werden.

Anforderungen und Bedürfnisse stehen dementsprechend wie folgt zueinander in Beziehung: Im Rahmen der Anforderungen wird das Indexfundament gelegt, auf welches je nach gewünschtem Disaggregationsgrad die Entwicklungsindizes mit den entsprechenden Haupt- und Untergruppen aufgebaut werden können.

Beispielsweise können die folgenden Anforderungen festgehalten werden:

1. Billigkeit
2. Rasche Verfügbarkeit
3. Einfachheit
4. Dauerhaftigkeit
5. Aggregierbarkeit aus Teilindizes

Es ist zudem sinnvoll, bestimmte wünschenswerte Anforderungen in Form eines Testsystems zusammenzustellen und zur Wahl der Indexformel heranzuziehen. Das in diesem Zusammenhang bekannteste Testsystem ist jenes von Fischer⁶.

Gegenstand dieses Kapitels ist die Erfassung der Bedürfnisse seitens der Anwender, d.h. hinsichtlich der gewünschten Aussagefähigkeit bzw. des gewünschten Disaggregationsgrads von Entwicklungsindizes. Die Behandlung der Anforderungen baut auf Betrachtungen zur Indextheorie auf, die in Anhang A1 dargestellt sind.

3.2 Anwenderkreise, Anwendungsbereiche und Anwendungsgebiete

Anwenderkreise und Anwendungsbereiche

Für die Ermittlung der Anwendungsbereiche und der potentiellen Anwenderkreise wurde eine Literaturschau durchgeführt. Deren Ergebnis ist in Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 zusammengefasst. Es kann festgehalten werden, dass sich die heutigen Anwendungsbereiche und

⁵ vgl. dazu etwa: Allen, Roy, G., D.. Index Numbers in Theory and Practice. London, 1975

⁶ vgl. dazu etwa: Meinschmidt, Gerhard. Statistische Methoden zur Berechnung von Preisniveauindizes integrierter Wirtschaftsräume. Angewandte Statistik und Ökonomie, Heft 28. Göttingen, 1985

potentiellen Anwenderkreise nur geringfügig von den im Rahmen des Forschungsauftrages 36/80 ermittelten unterscheiden. Punktuelle Ergänzungen wurden hauptsächlich im Bereich der Verkehrsökonomie vorgenommen.

Tabelle 3.1: *Anwenderkreise und Anwendungsbereiche*

Anwenderkreis	Anwendungsbereiche
Strassen- und Verkehrsfachleute	Verkehrsplanung, Strassenplanung und -projektierung, Strassenunterhalt, Verkehrspolitik, Verkehrssicherheit
Planer, Umweltfachstellen	Verkehrsplanung, Strassenplanung und -projektierung, Verkehrspolitik, Verkehrsökologie, Verkehrssicherheit
Politiker, Medien, Öffentlichkeit	Verkehrspolitik, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit
Verkehrsbetriebe	Verkehrsplanung, Projektierung, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit
Finanz- und Wirtschaftskreise	Verkehrspolitik, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit, Standortplanung
Tourismus, Freizeitindustrie	Verkehrsplanung, Verkehrsökologie, Verkehrssicherheit, Standortplanung
Polizei	Verkehrsplanung, Verkehrssicherheit
Gesundheitseinrichtungen	Verkehrssicherheit
Autoindustrie	Verkehrsplanung, Verkehrspolitik, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit
Dienstleistungsbetriebe IV	Verkehrsplanung, Verkehrspolitik, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit, Standortplanung

Anwendungsbereiche und Anwendungsgebiete

Im Rahmen der Voranalyse des STRADA-DB - Pilotprojektes "Verkehrsdaten" wurde 1993 eine Umfrage beim Bund sowie ausgewählten Kantonen und Gemeinden für die Ermittlung der Anwendungsbereiche von Verkehrsdaten durchgeführt. Auch die Ergebnisse dieser Umfrage decken sich weitgehend mit den Anwenderkreisen und deren möglichen Anwendungsgebieten des SVI-Forschungsauftrages 36/80.

Eine Auswahl möglicher Anwendungsgebiete, welche die identifizierten Anwendungsbereiche beinhalten, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3.2: Anwendungsbereiche und Anwendungsgebiete

Anwendungsbereich	Mögliche Anwendungsgebiete
Verkehrsplanung und -technik	- Nachfrageanalysen - Modellrechnungen - Gesamtprognosen, Einzelprognosen - Steuerung/Regelung - Massnahmenbeurteilung - Erstellung von Normen
Strassenplanung und -projektierung	- Neu-/Ausbau Infrastruktur - Dimensionierungsfragen
Strassenunterhalt	- Management der Strassenerhaltung MSE (Belagsmanagement, Baustellenmanagement, Unterhalt)
Verkehrspolitik	- Lenkungsmassnahmen - Politische Vorstösse
Verkehrsökologie	- Luftreinhalte-, Lärmschutz-, Störfallverordnung (im Einzelfall) - Umweltverträglichkeitsprüfungen
Verkehrsökonomie	- Bewirtschaftung Infrastruktur - Parkraumbewirtschaftung
Verkehrssicherheit	- Verkehrsüberwachung (Personaleinsatz, ...) - Unfallstatistik (Unfallraten, Unfallverlauf, Prämienskalkulation, ...)
Standortplanung	- Standortwahl - Umsatzkontrolle

Anwendungsbeispiele

Abschätzung der Auswirkungen von Infrastrukturmassnahmen auf die Verkehrsströme

Im Agglomerationsgebiet einer Grossstadt ist der Bau eines Einkaufszentrums mit einer UVP-pflichtigen Anzahl Parkplätze geplant. In diesem Zusammenhang gilt es, eine Grobabschätzung der Verkehrsströme vor der Eröffnung vorzunehmen. Die letzten im betroffenen Gebiet durchgeführten Verkehrszählungen liegen bereits 2 Jahre zurück. Unter Verwendung der entsprechenden Entwicklungsindizes können die Verkehrszählungen aufdatiert werden. Ebenso können unter Verwendung der Entwicklungsindizes Trendprognosen für die Entwicklung der Verkehrsströme ohne den Bau des Einkaufszentrums vorgenommen werden.

Management der Strassenerhaltung (STRADA-DB, Modul "Verkehrsdaten")

Im Rahmen der STRADA-DB Pilotapplikation "Verkehrsdaten"⁷ wird unter anderem das Teilsystem "Räumliche und zeitliche Vervollständigung" zur Verfügung gestellt.

Der Zweck dieses Teilsystems kann vereinfacht wie folgt wiedergegeben werden: Berechnung von Verkehrsdaten unter Verwendung derselben Verkehrsdaten vergangener oder künftiger

⁷ Für ausführliche Informationen zur STRADA Pilotapplikation "Verkehrsdaten" sei auf die einschlägigen, im Literaturverzeichnis aufgeführten Berichte verwiesen.

Perioden (Interpolation bzw. Extrapolation). Z.B. kann der DTV(24) des Jahres 1996 aus dem DTV(24) des Jahres 1995 unter Zuhilfenahme eines Aufwertefaktors berechnet werden (Extrapolation). Oder der DWV(24) des Jahres 1992 wird aus den DWV(24) der Jahre 1991 und 1993 berechnet (Interpolation).⁸

Aus der Kurzbeschreibung des Teilsystems geht hervor, dass für dessen Praktikabilität auf Referenzwerte bzw. Aufwertefaktoren zurückgegriffen werden muss. Die Aufwertefaktoren dienen der Interpolation bzw. der Extrapolation von Verkehrsdaten. Diese Aufwertefaktoren können durch die Berechnung von Entwicklungsindizes in disaggregierter Art und Weise zur Verfügung gestellt werden.

Allgemeine Auskünfte zur Verkehrsentwicklung

Das Bundesamt für Strassenbau erhält häufig Anfragen von interessierten Personen und Institutionen über die Verkehrsentwicklung in der Schweiz. Mittels der Entwicklungsindizes ist das Bundesamt in der Lage, solche Anfragen ohne grossen Arbeitsaufwand zu erledigen. Die interessierten Stellen können mit Informationen über die nach spezifischen Kriterien disaggregierte Verkehrsentwicklung bedient werden.

Spezifische Auskünfte zur Verkehrsentwicklung

Der Restaurationsbetrieb einer Autobahnraststätte verzeichnet am Ende des Geschäftsjahres eine massive Umsatzeinbusse. Als eine mögliche Ursache vermutet der Geschäftsführer, dass der seine Raststätte passierende Verkehr im selben Ausmass zurückgegangen ist. Leider ist im weiteren Umkreis der Raststätte kein Verkehrszähler vorhanden, der ihm schlüssige Informationen liefern könnte. Mit einem Entwicklungsindex lässt sich seine Vermutung sofort entkräften bzw. erhärten.

Beurteilung von Verkehrsinvestitionen

Für einen mittelgrossen Bezirkshauptort in der Westschweiz ist eine Investition in die Verkehrsinfrastruktur geplant. Der Ort soll mittels eines Zubringers neu an das Nationalstrassennetz angeschlossen werden. Aufgrund eines parlamentarischen Vorstosses ist eine einfache Beurteilung der Zweckmässigkeit durchzuführen. Unter anderem werden für die Abschätzung der externen Kosten des Verkehrs aktuelle Fahrleistungen benötigt. Aus der zwei Jahre zurückliegenden Verdichtung des Mikrozensus "Verkehrsverhalten" auf dem Kantonsgebiet können Fahrleistungen abgeleitet werden. Mit dem Entwicklungsindex können die vorhandenen Angaben aufdatiert werden.

Emissionskataster Verkehr

Aufgrund der Umweltschutzgesetzgebung hat ein deutschschweizer Kanton einen Emissionskataster Verkehr erstellt und diesen für das Jahr 1995 letztmals aktualisiert. Die im Kanton für die Nachführung des Emissionskatasters verantwortliche Stelle möchte nun 1997 beurteilen, inwiefern die 1995 ermittelten Emissionswerte noch gültig sind.

Um diese Beurteilung in Form einer Globalabschätzung vorzunehmen, kann sie die Entwicklungsindizes verwenden. Die Entwicklungsindizes liefern Grobabschätzungen über die Zu-

⁸ Erfolgt die Berechnung für denselben Querschnitt, wird von zeitlicher Vervollständigung gesprochen. Erfolgt die Berechnung für den Querschnitt B unter Verwendung von Verkehrsdaten des Querschnitts A, handelt es sich um eine räumliche Vervollständigung.

nahme der Fahrleistungen je Landesteil und Ausbaustandard (innerorts, ausserorts, Autobahnen). Nimmt sie an, dass diese Entwicklung auch auf ihren Kanton zutrifft, und trifft sie bezüglich den übrigen Variablen die ceteris paribus-Annahme, ist die Stelle in der Lage, die gewünschte Beurteilung für ihren Kanton auf einfache Art und Weise vornehmen zu können.

3.3 Zielgrössen für den Entwicklungsindex

Die im Rahmen dieses Forschungsauftrages herzuleitenden Entwicklungsindizes zeigen eine zeitliche Entwicklung im Verhältnis zu einem Basiszeitpunkt. Es stellt sich nun die Frage, für welche Zielgrössen die Darstellung einer solchen Entwicklung im Zusammenhang mit den in Abschnitt 3.2 identifizierten Verwendungsgebieten von Interesse ist.

Als mögliche Zielgrössen kommen grundsätzlich in Frage:

- Verkehrsaufkommen in Anzahl Fahrten pro Zeiteinheit
- Verkehrsmenge in Fahrzeugen pro Zeiteinheit⁹
- Fahrleistung in Fahrzeug-Kilometern pro Zeiteinheit
- Verkehrsleistung in Personen-Kilometern bzw. Tonnen-Kilometern pro Zeiteinheit

Je nach verwendeter Zielgrösse für die Berechnung des Entwicklungsindex wird somit ein Verkehrsaufkommensindex, ein Verkehrsmengenindex, ein Fahrleistungsindex oder ein Verkehrsleistungsindex gebildet. Zwischen der Verkehrsmenge VM^{10} , der Fahrleistung FL und der Verkehrsleistung VL auf einem Streckenabschnitt der Länge l bestehen die folgenden Zusammenhänge

$$FL = VM \cdot l \quad (F\ 1)$$

und

$$VL = FL \cdot q \quad (F\ 2)$$

wobei q für Verkehrsleistungen im Personenverkehr der beobachtete durchschnittliche Besetzungsgrad, für Verkehrsleistungen im Güterverkehr die durchschnittliche transportierte Tonnage auf dem Streckenabschnitt ist.

Besetzungsgrad

Das Mobilitätsverhalten der Schweizer Bevölkerung wird seit 1974 alle 5 Jahre mit Mikrozensus zum Verkehrsverhalten empirisch untersucht. Der Mikrozensus zum Verkehrsverhalten wurde 1994 letztmals durchgeführt¹¹. Dabei gelangten erstmals computergestützte Telefoninterviews zur Anwendung. Ein Ergebnis dieser Mikrozensus sind mittlere Besetzungsgrade von Personenwagen. Diese gelten für die ganze Schweiz. Der Besetzungsgrad ändert sich im Jahresverlauf nur sehr wenig. Er verändert sich jedoch nach Wochentagen und nach dem Verkehrszweck.

Voraussetzung für die sinnvolle jährliche Berechnung von Verkehrsleistungsindizes ist, dass für die durchschnittlichen Besetzungsgrade aktuelle und nach Streckenabschnitt differenzierte

⁹ Wird in der deutschsprachigen Literatur oft auch mit „Verkehrsstärke“ bezeichnet.

¹⁰ Die Verkehrsmenge VM wird im folgenden mit b (Belastung) bezeichnet.

¹¹ BFS. Verkehrsverhalten in der Schweiz 1994, Mikrozensus Verkehr 1994. Bern, 1996

Werte vorliegen. Ist dies nicht der Fall, kürzen sich die Besetzungsgrade bei der Indexberechnung heraus, und der Index ist, bei unveränderter Netzlänge, nur von den Belastungen abhängig.

Transportierte Tonnage

Die Erhebung über die Gütertransporte auf der Strasse GTS untersucht den kommerziellen Güterverkehr. Sie gewährt einen gesamtschweizerischen Überblick über den Gütertransportverkehr auf der Strasse. Die GTS erstreckt sich auf die in- und ausländischen Nutzfahrzeuge mit mehr als einer Tonne Nutzlast, welche auf dem schweizerischen Strassennetz zirkulieren. Die GTS liefert auch Angaben über die mittlere Ladung von Fahrzeugen des Güterverkehrs.

Die Erhebung über die Gütertransporte auf der Strasse wurde letztmals im Jahre 1993 durchgeführt¹². Erhebungen wurden ebenfalls in den Jahren 1936, 1953, 1963, 1974 und 1984 durchgeführt. Es ist geplant, die Erhebungen zum Güterverkehr auf der Strasse künftig alle 5 Jahre durchzuführen. Die nächste Erhebung findet 1998 statt.

Abgesicherte, für die gesamte Schweiz gültige Angaben über die mittlere Ladung von Fahrzeugen des Güterverkehrs liegen bis anhin nur in Abständen von rund 10 Jahren, künftig in solchen von 5 Jahren vor. Aufgrund dieser Periodizität sowie des vorhandenen Disaggregationsgrades ist es wenig sinnvoll, sowohl Entwicklungsindizes als auch Absolutwerte für Verkehrsleistungen im Güterverkehr zu berechnen.

Beschränkung auf Verkehrsmengenindizes

Der Verkehrsaufkommensindex ist bezüglich der identifizierten Anwendungsbereichen und Anwendungsgebieten nicht von vorrangiger Bedeutung und wird deshalb nicht untersucht. Die Berechnung eines Verkehrsleistungsindex wird aus den vorgängig aufgeführten Gründen im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht weiterverfolgt.

Es wird deshalb eine Methode für die Berechnung eines Verkehrsmengenindex hergeleitet, und diese unter Verwendung der aufgeführten Zusammenhänge auch für die Berechnung des Fahrleistungsindex verwendet.

3.4 Disaggregation in Teilindizes

Im Rahmen der Bedürfnisanalyse gilt es aufgrund der Anwendungsgebiete zu bestimmen, in welche Teilindizes der Gesamtindex unterteilt werden soll. Entsprechend den in Abschnitt 3.2 identifizierten Anwendungsgebieten sind Aussagen über

- bestimmte Verkehrsgrössen,
- bestimmte Perioden (Sommer, Winter, ...),
- Strassentypen,
- bestimmte Strassenquerschnitte/-achsen,
- Verkehrsteilmengen (Fahrzeugkategorien, ...) und
- Regionen, Raumtypen

für Entwicklungsindizes von Bedeutung.

¹² BFS. Gütertransporte auf der Strasse, Erhebung 1993. Bern, 1996

Disaggregation nach bestimmten Verkehrsgrössen

Für die nähere Spezifizierung bestimmter Verkehrsgrössen hinsichtlich der Disaggregation von Entwicklungsindizes können die Resultate der Voranalyse des STRADA-DB - Pilotprojektes "Verkehrsdaten" verwendet werden. Mittels der im Rahmen dieses Pilotprojektes durchgeführten Umfrage wurde ermittelt, welche Verkehrsgrössen hinsichtlich eines weiten Spektrums von Anwendungsgebieten von Interesse sind. In bezug auf die Interessenlage in den entsprechenden Anwendungsgebieten von Entwicklungsindizes sind die in Tabelle 3.3 aufgeführten Verkehrsgrössen von Interesse.

Tabelle 3.3: Spezifizierung bestimmter Verkehrsgrössen

	Verkehrsgrössen
Durchschnittswerte	DTV(24), DTV(17), DTV(14), DTV(16), DTV(8) DWV(24), DWV(17), DWV(14) DNV(24), DNV(17) DSaV(24), DSoV(24)
Spitzenwerte	Spitzentag Spitzenstunde

Gegenstand von Entwicklungsindizes im Strassenverkehr ist das Aufzeigen von Veränderungen ausgewählter Zielgrössen über eine bestimmte Periode. Wird beispielsweise für jede der obigen Verkehrsgrössen ein Verkehrsmengenindex berechnet, so erfolgt dies aufgrund der Annahme, dass sich die verschiedenen Indizes unterschiedlich entwickeln. Damit wiederum wird angenommen, dass sich der Verkehr zu den unterschiedlichen Tageszeiten unterschiedlich entwickelt bzw. dass dieselben Fahrten zunehmend zu anderen Tageszeiten unternommen werden.

Diese Auffassung wird auch von der Forschungsstelle vertreten. Sie ist jedoch der Meinung, dass diese Verschiebungen nicht von einem Ausmass sind, welches eine Berechnung von Entwicklungsindizes für alle in Tabelle 3.3 aufgeführten Verkehrsgrössen rechtfertigen würde. Es werden deshalb nur die beiden in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Verkehrsgrössen für die Berechnung von Entwicklungsindizes weiterverfolgt.

Tabelle 3.4: Verkehrsgrössen für die Entwicklungsindizes

	Ausprägungen
Durchschnittswerte	DTV(24) DWV(24)

Disaggregation nach bestimmten Perioden

In bezug auf Aussagen zu bestimmten Perioden muss unterschieden werden zwischen

- Aktualisierungsperioden
- Zusatzperioden

Aktualisierungsperioden bestimmen, in welchem zeitlichen Abstand die Entwicklungsindizes jeweils berechnet werden (bspw. jährliche Aktualisierung). Zusatzperioden sind Zeitabschnitte, für welche die Entwicklungsindizes zusätzlich berechnet werden (bspw. für die Sommermonate oder die Ostertage).

Die Entwicklungsindizes werden für die in Tabelle 3.5 aufgeführten Aktualisierungsperioden berechnet. Eine Berechnung der Entwicklungsindizes für zusätzliche Perioden wird nicht durchgeführt.

Tabelle 3.5: *Bestimmte Perioden (Aktualisierungsperioden)*

Ausprägungen	
Aktualisierungsperioden	Jahr

Disaggregation nach Strassentypen

Die Unterteilung des Strassennetzes nach Typen lässt verschiedene Möglichkeiten zu¹³. Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit relevanten Typen sind in Tabelle 3.6 zusammengestellt.

Tabelle 3.6: *Unterteilung des Strassennetzes nach Typen*

Unterscheidungsmerkmal	Ausprägungen
Rechtliche Klassierung	- Nationalstrasse - Kantons-/Staatsstrassen - Stadt-/Gemeindestrassen - Privatstrassen
Lage im Netz	- Innerortsstrassen - Ausserortsstrassen
Aufgabe, Funktion, Bedeutung	- Hochleistungsstrasse - Hauptverkehrsstrasse - Verbindungsstrasse - Sammelstrasse - Erschliessungsstrasse

¹³ Hierzu wird verwiesen auf: Dietrich, K., Rotach, M., Boppart, E.. Strassenprojektierung. Zürich, 1993

Von den in Tabelle 3.6 aufgeführten Unterscheidungsmerkmalen vermag auf Anhieb keines die vorhandenen Bedürfnisse vollständig abzudecken. In Anbetracht der identifizierten Anwendungsgebiete ist dies jedoch durch eine Kombination einzelner Ausprägungen der rechtlichen Klassierung und der Lage im Netz weitestgehend möglich. Es wird deshalb folgende Unterteilung des Strassennetzes vorgenommen:

Tabelle 3.7: "Strassentypen" für die Entwicklungsindizes

Unterscheidungsmerkmal	Ausprägungen
Funktion und Lage der Strecke	- Autobahnen - Innerortsstrassen - Ausserortsstrassen

Disaggregation nach Verkehrsteilmengen

Die Disaggregation nach Verkehrsteilmengen erfolgt grundsätzlich nach Fahrzeugkategorien. Aufgrund des verfügbaren Datenmaterials werden für die Entwicklungsindizes die Längenklassen als Hilfsgrösse für die Unterteilung in Fahrzeugkategorien verwendet. Durch die Verwendung von Längenklassen kann das Datenmaterial der Zählgeräte mit Analysemöglichkeiten des Bundes¹⁴, der Kantone und der Gemeinden für die Indexberechnung verwendet werden. Eine Disaggregation nach Fahrzeugkategorien wäre anhand der SSVZ-Zählraten wohl möglich; dies würde jedoch eine Aktualisierung der Entwicklungsindizes nur alle fünf Jahre erlauben.

Für die Disaggregation nach Verkehrsteilmengen wird deshalb vorläufig die Einteilung in Längenklassen des Bundes verwendet. Dies ist auch jene Klasseneinteilung, wie sie von einem Grossteil der Kantone und der Gemeinden verwendet wird. Sobald jedoch eine Unterscheidung nach Fahrzeugkategorien möglich ist, sollte jene verwendet werden.

Die Zählgeräte des Bundes mit Analysemöglichkeiten unterscheiden die Fahrzeuge in die drei in Tabelle 3.8 aufgeführten Längenklassen:

Tabelle 3.8: Verkehrsteilmengen der Entwicklungsindizes¹⁵

Klasse	Fahrzeuglänge	Fahrzeugkategorien
Klasse I	bis 6.00 m	Motorräder, Personenwagen, Lieferwagen
Klasse II	6.00 m bis 12.50 m	Lastwagen, Gesellschaftswagen, Personenwagen mit Anhängern, Lieferwagen mit Anhängern, Sattelschlepper (Zugfahrzeuge)
Klasse III	12.50 m und mehr	Lastenzüge, Sattelzüge, Personenwagen mit Sportgeräte-Anhängern, Lieferwagen mit Sportgeräte-Anhängern, Gesellschaftswagen mit Anhängern, Gelenkbusse

¹⁴ Zur Zeit (1996) werden vom Bund 55 Zählstellen mit Analysemöglichkeiten betrieben.

¹⁵ ASB. Automatische Strassenverkehrszählung 1994. Bern, 1995

Disaggregation nach Regionen

Die regionale Gliederung der Entwicklungsindizes kann hinsichtlich der Anwendungsbereiche bzw. -gebiete nach folgenden zwei Kriterien vorgenommen werden:

- geografische Kriterien
- raumtypische Kriterien

Bei der Einteilung nach geografischen Kriterien steht die Abgrenzung nach Kantonen sowie deren Zusammenfassung zu Landesteilen im Vordergrund. Bei den siedlungstypischen Kriterien kann die Einteilungen in Raumtypen nach Schuler¹⁶ vorgenommen werden.

In Anbetracht des für die Indexberechnung verwendbaren Datenmaterials besteht bei einer relativ feinen Gliederung die Gefahr, dass für einzelne Teilgebiete zu wenige Zählstellen zur Verfügung stehen werden, um einen Teilindexwert mit ausreichender Genauigkeit berechnen zu können. Es wird daher eine regionale Gliederung nach Landesteilen oder dem Agglomerationstyp vorgenommen. Inwieweit eine Gliederung nach Landesteilen und gleichzeitig nach dem Agglomerationstyp möglich ist, hängt wiederum vom verfügbaren Datenmaterial ab. Dabei liegt die Priorität auf der raumtypisierenden Einteilung.

Tabelle 3.9: Raumgliederung der Entwicklungsindizes

Raumgliederung	Ausprägungen
Landesteile	- Deutschschweiz - französische Schweiz - italienische Schweiz
Agglomerationstyp	- Grossstädte (Kernstädte) - Agglomerationen - übriges Gebiet

3.5 Bedürfnismatrix

Im folgenden ist die sich aufgrund der Bedürfnisanalyse ergebende Gliederung der Entwicklungsindizes in Teilindizes in einer der Matrixschreibweise entlehnten Form dargestellt.

Die Beurteilung, ob, auf welche Art und Weise und mit welcher Genauigkeit diese Entwicklungsindizes berechnet werden können, hängt vom vorhandenen Datenmaterial ab.

Der Verkehrsmengenindex (VMI) nimmt entsprechend der Bedürfnisabklärung folgende Formen an:

$$\text{Index} = [\text{DTV}(24)] \times \begin{bmatrix} \text{total} \\ \text{bis 6m} \\ \text{6m - 12.5m} \\ \text{ueber 12.5m} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Deutschschweiz} \\ \text{franz. Schweiz} \\ \text{ital. Schweiz} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Grossstädte} \\ \text{Agglomerationen} \\ \text{uebriges Gebiet} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Autobahnen} \\ \text{Innerortsstrassen} \\ \text{Ausserortsstrassen} \end{bmatrix}$$

¹⁶ Schuler, M., Bopp, M., Brassel, K.E., Brugger, E.A.. StrukturAtlas Schweiz, Zürich. 1985

4 Bedürfnisse an Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr

4.1 Abgrenzung im Rahmen der Forschungsarbeit

Damit Überlegungen zur Gesamtverkehrsentwicklung angestellt und unvorhergesehene Veränderungen in den Indexzahlen Strasse erkannt und analysiert werden können (z.B. ein Rückgang des Strassenverkehrs infolge einer Modal Split-Änderungen wegen einer starken Benzinpreiserhöhung), sollten auch Angaben über die Entwicklung im öffentlichen Verkehr vorliegen.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wird deshalb auch das Bedürfnis für die Ermittlung von Entwicklungsindizes für den öffentlichen Verkehr untersucht.

Der öffentliche Verkehr (ÖV) unterscheidet sich in einem Punkt entscheidend vom motorisierten Individualverkehr (MIV). Währenddem der MIV-Benützer das Strassennetz "frei" und "gratis" benützen kann, sind dem ÖV-Benützer diverse Bindungen auferlegt: er ist an eine Linie, an Haltestellen und an einen Fahrplan gebunden und muss für die Benützung bezahlen.

Verschiedene Unternehmungen betreiben den ÖV und erstellen jährlich eine Betriebserfolgsrechnung. Dafür benötigen sie Angaben über die Betriebsleistungen und die Verkehrsleistungen. In der Publikation "Der öffentliche Verkehr" führt das Bundesamt für Statistik jedes Jahr zahlreiche dieser Daten des öffentlichen Verkehrs auf¹⁷. Diese Publikation ist auf die einzelnen Verkehrsunternehmungen ausgerichtet. Diese werden dabei wie in Tabelle 4.1 angegeben gegliedert.

*Tabelle 4.1: Gliederung des öffentlichen Verkehrs
in der Publikation "Der öffentliche Verkehr"*

Eisenbahnen	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
	Konzessionierte Bahnen (KTU)
Zahnrad- und Seilbahnen	Zahnradbahnen
	Standseilbahnen
	Luftseilbahnen
Nahverkehrsmittel	Trambahnen
	Trolleybusse
	Autobusse (in Verbindung mit Tram- / Trolleybusbetrieben)
Automobilunternehmungen	Postautodienst
	Konzessionierte Automobilunternehmungen
Schiffahrt auf den Seen und Flüssen	
Luftverkehr	

Die "Schweizerische Verkehrsstatistik" enthält in der Form von Zeitreihen die wichtigsten Daten über den öffentlichen und privaten Personen- und Gütertransport auf der Schiene, auf der

¹⁷ Z.B. Bundesamt für Statistik. Der öffentliche Verkehr 1994. Bern, 1996

Strasse, mit Schiffen und Flugzeugen und durch Rohrleitungen. In ihr werden folgende Verkehrsträger unterschieden¹⁸:

Tabelle 4.2: *Unterschiedene Verkehrsträger in der Schweizerischen Verkehrsstatistik*

Eisenbahnen	SBB, konzessionierte Bahnen
Zahnradbahnen	
Standseilbahnen	
Seilbahnen	
Öffentlicher Strassenverkehr	Trambahnen, Trolleybusse, Autobusse, Postautodienst, konzessionierte Automobilunternehmungen
Privater und motorisierter Strassenverkehr	
Wasserverkehr	
Luftverkehr	
Rohrleitungen	nur im Güterverkehr

Für ÖV-Entwicklungsindizes sind dabei nur die Verkehrsträger "Schienenverkehr" und "Öffentlicher Strassenverkehr" von Bedeutung. In den beiden Publikationen werden für diese beiden Verkehrsträger folgende Angaben je Verkehrsunternehmung ausgewiesen:

Tabelle 4.3: *Angaben je Verkehrsunternehmung des Schienenverkehrs und des öffentlichen Strassenverkehrs in den einschlägigen Publikationen des BFS*

Betriebsleistungen	Zugskilometer (nur im Schienenverkehr) Wagenkilometer
Verkehrsleistungen	beförderte Personen und Personenkilometer (z.T. unterschieden nach Verkehrsgruppen) beförderte Tonnen und Tonnenkilometer (nur im Schienenverkehr von Bedeutung, dabei wird unterschieden nach Post, Stückgut, Wagenladungen und Gepäck)

Die einzelnen Verkehrsunternehmungen sind verpflichtet, diese Angaben jährlich dem Bundesamt für Verkehr zu liefern. Sie berechnen ihre Angaben aufgrund eigener Statistiken (z.B. Billettstatistiken) und Stichprobenerhebungen (Querschnittszählungen, automatische Fahrgastzählungen etc.). Ein Beispiel für eine solche Hochrechnung ist die HOP, die Hochrechnung der Erlöse im Personenverkehr der SBB¹⁹.

¹⁸ Z.B. Bundesamt für Statistik. Schweizerische Verkehrsstatistik 1993. Bern, 1995

¹⁹ SBB, Finanzen und Controlling. HOP: Hochrechnung der Erlöse im Personenverkehr, Version 3.0a II. Bern, Juni 1995

4.2 Bedürfnisse an Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr

4.2.1 Anwendungsbereiche und mögliche Anwendungsgebiete

Die in Tabelle 4.4 zusammengefassten Anwenderkreise und Anwendungsgebiete haben Interesse an Entwicklungsindizes für den ÖV²⁰.

*Tabelle 4.4: Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr:
Anwenderkreise und Anwendungsgebiete*

Anwenderkreis	Anwendungsbereiche
ÖV- und Verkehrsfachleute	Verkehrsplanung, ÖV-Planung und -projektierung, Betriebskonzepte, Verkehrspolitik, Verkehrssicherheit
Planer, Umweltfachstellen	Verkehrsplanung, ÖV-Planung und -projektierung, Verkehrspolitik, Verkehrsökologie, Verkehrssicherheit
Politiker, Medien, Öffentlichkeit	Verkehrspolitik, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit
Verkehrsbetriebe	Verkehrsplanung, Projektierung, Verkehrsökonomie, Verkehrssicherheit, Betriebskonzepte, Marketing, Finanzstatistik
Finanz- und Wirtschaftskreise	Verkehrspolitik, Verkehrsökonomie, Standortplanung
Tourismus, Freizeitindustrie	Verkehrsplanung, Verkehrsökologie, Standortplanung
Dienstleistungsbetriebe ÖV	Standortplanung

Die Anwendungsbereiche können weiter nach möglichen Anwendungsgebieten untergliedert werden. Diese sind in Tabelle 4.5 zusammengestellt.

²⁰ Als Basis für Tabelle 4.4 und Tabelle 4.5 dienten die analogen Tabellen für den Strassenverkehr.

Tabelle 4.5: *Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr:
Anwendungsbereiche und mögliche Anwendungsgebiete*

Anwendungsbereich	Mögliche Anwendungsgebiete
Verkehrsplanung	- Nachfrageanalysen - Modellrechnungen - Gesamtprognosen, Einzelprognosen - Massnahmenbeurteilung
ÖV-Planung und -projektierung	- Neu-/Ausbau Infrastruktur - Liniennetzplanung - Liniennetzoptimierung
Betriebskonzepte	- Betriebs- und Einsatzplanung - Fahrplanerstellung - Personal- und Fahrzeugeinsatz - Betriebsabwicklung und -überwachung
Marketing	- Tarifgestaltung - Sonderaktionen - Werbung
Finanzstatistik	- Erlöse je Linie - Einnahmenezuschlag bei Tarifverbunden - Berechnung von Abgeltungen
Verkehrspolitik	- Lenkungsmassnahmen - Politische Vorstösse
Verkehrsökologie	- Lärmschutz-, Störfallverordnung (im Einzelfall) - Umweltverträglichkeitsprüfungen
Verkehrsökonomie	- Bewirtschaftung Infrastruktur
Verkehrssicherheit	- Unfallstatistik (Unfallraten, Unfallverlauf)
Standortplanung	- Standortwahl - Umsatzkontrolle

4.2.2 Zielgrössen

Als mögliche Zielgrössen für die Entwicklungsindizes des ÖV kommen grundsätzlich in Frage:

- Verkehrsaufkommen (Anzahl Personenfahrten pro Zeiteinheit)
- Verkehrsmenge im Querschnitt (Personen pro Zeiteinheit, Tonnen pro Zeiteinheit)
- Betriebsleistungen (erzeugte Leistung, die angeboten wird; Masseinheiten: Platz-, Zugs-, Fahrzeug- bzw. Wagen- und Achs-Kilometer pro Zeiteinheit)
- Verkehrsleistungen (beförderte Personen und Personenkilometer bzw. transportierte Tonnen und Tonnenkilometer [nur im Schienenverkehr von Bedeutung] pro Zeiteinheit)

Der Verkehrsaufkommensindex ist hinsichtlich den aufgeführten Anwendungsbereichen und Anwendungsgebieten nicht von vorrangiger Bedeutung und wird deshalb nicht weiterverfolgt. Der Betriebsleistungs- und der Verkehrsleistungsindex können aus den Angaben der BFS-Statistik "Der öffentliche Verkehr" sehr disaggregiert abgeleitet werden.

Für die vorliegende Arbeit steht somit für den ÖV der Verkehrsmengenindex, der die einen bestimmten Querschnitt passierende Anzahl Personen bzw. die durch diesen Querschnitt transportierte Anzahl Tonnen - je pro Zeiteinheit - angibt, eindeutig im Vordergrund.

4.2.3 Disaggregation in Teilindizes

Die Aussagefähigkeit des Verkehrsmengenindex ist im Zusammenhang mit der Bedürfnisabklärung mit seiner Aufteilung in Teilindizes gleichzusetzen. Es gilt deshalb aufgrund der Anwendungsgebiete zu bestimmen, in welche Teilindizes der Gesamtindex unterteilt bzw. aus welchen er aggregiert werden soll.

In Anlehnung zum Strassenverkehr sind Aussagen über

- bestimmte Verkehrsgrössen,
- Verkehrsträger,
- Regionen, Raumtypen und
- Verkehrsunternehmungen evtl. sogar Linien

für Entwicklungsindizes von Bedeutung.

Disaggregation nach bestimmten Verkehrsgrössen

Wie beim Strassenverkehr soll beim Verkehrsstärkenindex für den öffentlichen Verkehr zwischen dem durchschnittlichen täglichen Verkehr und dem durchschnittlichen Werktagsverkehr unterschieden werden.

Disaggregation nach Verkehrsträger

Eine Unterscheidung nach den in der Statistik "Der öffentliche Verkehr" unterschiedenen Verkehrsträgern Schienenverkehr (SBB, konzessionierte Bahnen) und öffentlicher Strassenverkehr (Trambahnen, Trolleybusse, Autobusse, Postautodienst, konzessionierte Automobilunternehmungen) ist angezeigt.

Disaggregation nach Regionen

Wie beim Strassenverkehr ist eine regionale Gliederung nach drei Landesteilen (deutsche Schweiz, französische Schweiz, italienische Schweiz) oder nach Agglomerationstyp vorzusehen. Inwieweit eine Gliederung nach Landesteilen und gleichzeitig nach Agglomerationstyp möglich ist, hängt von den Daten ab.

Disaggregation nach Verkehrsunternehmung evtl. sogar nach Linien

Die Praxis zeigt, dass sich die Anzahl beförderter Personen sowie die Anzahl transportierter Tonnen bei den einzelnen Verkehrsunternehmungen unterschiedlich entwickeln. Nebst siedlungsstrukturellen und wirtschaftlichen Gründen trägt dazu auch der Marktauftritt der Verkehrsunternehmung selber bei. Dynamischen und innovativen Verkehrsunternehmungen gelingt es, z.B. selbst in wirtschaftlich schwierigen Zeiten die beförderten Tonnagen zu steigern.

Bei der Übertragung von Entwicklungsindizes von einer Verkehrsunternehmung auf eine andere (z.B. von den SBB auf eine kleine Regionalbahn) ist deshalb grösste Vorsicht geboten; wenn nicht sogar von einer solchen Übertragung Abstand genommen werden sollte.

Die ÖV-Entwicklungsindizes müssen deshalb nach Verkehrsunternehmen disaggregiert werden, bei grösseren Unternehmen - wie den SBB - ist zudem eine Untergliederung nach Linien notwendig.

4.2.4 Schlussfolgerungen

Als Zielgrössen für Entwicklungsindizes im öffentlichen Verkehr wurden Verkehrsmengen, Betriebsleistungen und Verkehrsleistungen abgeleitet:

- Die Entwicklung der Verkehrsmengen (Querschnittsbelastungen) können nicht von einem Verkehrsunternehmen auf ein anderes übertragen werden. Soll die Entwicklung im Querschnitt verfolgt werden, so sind dazu periodische Querschnittserhebungen notwendig. Daraus kann dann die Entwicklung direkt bestimmt werden.
- Die Entwicklung der Betriebsleistungen und der Verkehrsleistungen je Verkehrsunternehmen werden vom BFS jährlich in der Publikation "Der öffentliche Verkehr" veröffentlicht. Für diese beiden Grössen braucht es keine Entwicklungsindizes mehr. Allerdings sollte die Methode, nach denen die einzelnen Verkehrsunternehmen ihre Zahlen berechnen, analysiert und vereinheitlicht werden.

Fazit: Im ÖV bestehen keine Bedürfnisse nach Entwicklungsindizes.

5 Datenmaterial

5.1 Basisdatenmaterial

5.1.1 Permanente Querschnittszähler des Bundes und der Kantone

Eine im Herbst 1996 mit Unterstützung des Bundesamtes für Strassenbau durchgeführte Umfrage bei allen Kantonen ergab, dass Ende 1995 total 421 permanente Zählstellen in der Schweiz in Betrieb waren (vgl. Tabelle 5.1).

Tabelle 5.1: Permanente Zählstellen bei Bund und Kantonen

Bund/Kanton	Anzahl perm. Zählstellen	Davon LVC-Zähler	Datenverfügbarkeit (1990 / 1991 / ...1995)
Bund	212	56	166 / 172 / 180 / 182 / 197 / 207
Zürich	1	-	0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 1
Bern	-	-	-
Luzern	11	-	11 / 11 / 11 / 11 / 11 / 11
Uri	-	-	-
Schwyz	5	-	1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 3
Obwalden	-	-	-
Nidwalden	-	-	-
Glarus	-	-	-
Zug	-	-	-
Freiburg	-	-	-
Solothurn	1	-	1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1
Basel-Stadt	10	-	0 / 2 / 6 / 7 / 8 / 9
Basel-Landschaft	3	3	3 / 3 / 3 / 3 / 3 / 3
Schaffhausen	-	-	-
Appenzell A.Rh.	3	-	1 / 1 / 1 / 2 / 2 / 2
Appenzell I.Rh.	-	-	-
St.Gallen	76	-	33 / 51 / 58 / 64 / 67 / 72
Graubünden	20	-	11 / 13 / 16 / 18 / 18 / 20
Aargau	1	-	0 / 0 / 0 / 1 / 1 / 1
Thurgau	7	7	4 / 5 / 5 / 6 / 6 / 7
Tessin	29	-	11 / 16 / 28 / 24 / 26 / 27
Waadt	6	-	6 / 6 / 6 / 6 / 6 / 6
Wallis	22	-	0 / 4 / 12 / 12 / 17 / 19
Neuenburg	-	-	-
Genf (inkl. 8 kommunale)	13	-	12 / 12 / 11 / 12 / 9 / 11
Jura	-	-	-
TOTAL	421	66	260 / 298 / 339 / 350 / 373 / 400

Quelle: eigene Umfrage im Herbst 1996

Das ASB und die Kantone verwenden für die Aufbereitung ihrer Zählzeiten unterschiedliche Methoden und Verfahren. Kantonale Zählergebnisse sind demzufolge nicht uneingeschränkt mit denjenigen des Bundes vergleichbar. Es ist vorgesehen, schwergewichtig die Zähler des Bundes für die Berechnungen zu verwenden und diese spezifisch mit kantonalen Zählungen zu ergänzen. Dabei muss der Aspekt der bedingten Vergleichbarkeit berücksichtigt werden.

5.1.2 Das digitale Strassennetz GVF

Der Dienst GVF stellte für die Berechnungen einen Auszug aus dem digitalen Strassennetz der Schweiz zur Verfügung²¹. Verkehrsbelastungen liegen dabei für jene Links vor, welche bei einer gesamtschweizerischen Modellierung (Basisjahr 1990) mit Verkehr belastet wurden.

Tabelle 5.2: Link-Datei des digitalen Strassennetzes GVF

Link-Beschreibung	Ausprägungen
Knoten	Nummer Knoten A Nummer Knoten B
Linkklasse	6 Spuren, ohne Kreuzung 4 Spuren, ohne Kreuzung 3 Spuren, ohne Kreuzung 2 Spuren, ohne Kreuzung 4 Spuren, mit Kreuzung 3 Spuren, mit Kreuzung 2 Spuren, mit Kreuzung, Ausbau gut 2 Spuren, mit Kreuzung, übrige
Jurisdiktion	Nationalstrassen Talstrassen Bergstrassen Kantonsstrassen Stadt- und Gemeindestrassen Ausland
Innerortsanteil	-
Zählstellennummer SSVZ	-
Länge (in km)	-
Agglomerationszugehörigkeit	Agglomeration übriges Gebiet
Belastungen 1990	Personenwagen, auf 1'000 Pw gerundet

Tabelle 5.3: Knoten-Datei des digitalen Strassennetzes GVF

Knoten-Beschreibung	Ausprägungen
Koordinaten	X-Koordinate Y-Koordinate

²¹ Durch die Verwendung dieses Netzes kann auf eine umfangreiche Link-Datenbank zurückgegriffen werden.

5.2 Aufbereitung der Basisdaten

5.2.1 Digitales Strassennetz GVF

Bildung der für die Berechnung der Teilindizes notwendigen Streckenparameter

Landesteile

Die Bildung der Landesteile "deutsche Schweiz", "französische Schweiz" und "italienische Schweiz" erfolgt unter Verwendung der Arbeitsmarktreionen nach BFS²². Die Zuteilung eines Links zu einer Arbeitsmarktreion wird dabei wie folgt vorgenommen:

- Liegen beide Knoten eines Links in der gleichen Arbeitsmarktreion, ist die Zuteilung eindeutig. Der Grossteil der Links kann auf diese Weise zugeordnet werden.
- Liegen nicht beide Knoten in derselben Arbeitsmarktreion, wird der Link jener Region zugeordnet, in welcher der Knoten mit der niedrigeren Knotennummer liegt. Nur ein sehr geringer Anteil der Links muss auf diese Art zugeordnet werden.

Die 16 Arbeitsmarktreionen werden wie folgt den Landesteilen zugeordnet:

Tabelle 5.4: Zuordnung der Arbeitsmarktreionen zu den Landesteilen

Landesteil	Arbeitsmarktreion
deutsche Schweiz	Bern
	Basel
	Aarau/Olten
	Zürich
	Winterthur/Schaffhausen
	St.Gallen
	Chur
	Luzern
französische Schweiz	Genève
	Lausanne
	Sion
	Fribourg
	Neuchâtel
	Biel-Bienne
italienische Schweiz	Bellinzona
	Lugano

Agglomerationszugehörigkeit

Basis für die Bildung der Agglomerationszugehörigkeit mit den Ausprägungen "Grossstadt", "Agglomeration", "übriges Gebiet" ist die in der Link-Datei des digitalen Strassennetzes GVF bereits vorhandene, auf der Definition des BFS beruhende Einteilung in "Agglomeration" und "übriges Gebiet".

²² BFS (Hrsg.). StrukturAtlas der Schweiz. Zürich, 1997

Die Aufteilung der GVF-Ausprägung "Agglomeration" in "Grossstädte" (Kernstädte) und "Agglomerationen" erfolgt wie folgt: Liegt einer der beiden Knoten eines Links in einer der fünf Grossstädte Zürich, Basel, Bern, Lausanne oder Genève, so wird dem Link die Ausprägung "Grossstadt" zugeordnet, anderenfalls "Agglomeration". Den übrigen Links wird "übriges Gebiet" zugeordnet.

Funktion und Lage der Strecke

Basis für die Bildung des Parameters "Funktion und Lage der Strecke" mit seinen drei Ausprägungen "Autobahnen", "Ausserortsstrassen" und "Innerortsstrassen" sind die in der Link-Datei des digitalen Strassennetzes GVF vorhandenen Parameter. Die Bildung von Funktion und Lage erfolgt dabei entsprechend den Zuordnungen in der untenstehenden Tabelle.

Tabelle 5.5: Zuordnungen zur Bildung des Parameters "Funktion und Lage"

Ausprägung		
Autobahnen	richtungstrennte Strassen	-
Innerortsstrassen	übrige Strassen	Innerortsanteil grösser 50%
Ausserortsstrassen	übrige Strassen	Innerortsanteil kleiner/gleich 50%

Repräsentativität des digitalen Strassennetzes

Eine Eigenschaft eines digitalen Strassennetzes besteht darin, dass es ein Abbild des tatsächlichen Strassennetzes darstellt. Dabei steht nicht die Vollständigkeit der Abbildung des tatsächlichen Netzes im Vordergrund, sondern vielmehr die Abbildung der wesentlichen Teile. Der bei der gesamtschweizerischen Modellierung (Basisjahr 1990) mit Verkehr belastete Teil des digitalen Strassennetzes GVF stellt den wesentlichen Teil des vollständigen Strassennetzes dar.

Das digitale Strassennetz GVF wird im Rahmen der Berechnung der Entwicklungsindizes für die Approximation des tatsächlichen Strassennetzes verwendet.²³ Dabei gilt es zu überprüfen, inwiefern das digitale Strassennetz das tatsächlich vorhandene Strassennetz repräsentiert, und gegebenenfalls die Repräsentativität herzustellen²⁴.

²³ Die für die Links des digitalen Strassennetzes vorhandenen Belastungen werden für die Bildung von Belastungsklassen benutzt (vgl. Kapitel 6 „Methodik“).

²⁴ Diese Überprüfung erfolgte anhand der rechtlichen Klassierung des Strassennetzes in National-, Kantons- und Gemeindestrassen, damit die Länge des realen Netzes aus dem statistischen Jahrbuch übernommen werden kann.

Tabelle 5.6: Repräsentativität des digitalen Strassennetzes GVF

	Länge GVF Netz	Länge GVF-Netz belastet	Länge reales Netz ²⁵
Nationalstrassen	1'610 km	1'544 km	1'533 km
Kantonsstrassen*	17'092 km	12'561 km	18'326 km
Gemeindestrassen	2'087 km	762 km	> 51'197 km

* Subsumption von Kantonsstrassen, Bergstrassen und Talstrassen.

Nationalstrassen

Für die Nationalstrassen kann auf die Herstellung der Repräsentativität verzichtet werden, da die Länge der belasteten Links derjenigen des tatsächlichen Nationalstrassennetzes ziemlich genau entspricht.

Kantonsstrassen

Wie in Tabelle 5.6 dargestellt, ist das tatsächliche Kantonsstrassennetz rund 1.5 mal länger als die entsprechenden belasteten Links des digitalen Strassennetzes GVF. Für die Bestimmung der Gewichte zur Indexberechnung sind deshalb den unbelasteten Links Belastungen zuzuordnen bzw. die Längen der belasteten Links aufzuwerten.

Für die Bestimmung eines Aufwertefaktors wird die Annahme getroffen, dass Links mit derselben Jurisdiktion und Linkklasse bezüglich ihrer Belastung homogen sind. Implizit wird deshalb für alle Merkmalskombinationen der Linkparameter Jurisdiktion und Linkklasse eine mittlere Belastung bestimmt und diese den entsprechenden unbelasteten Links "zugeordnet", indem je Merkmalskombination die Längen belasteter Links mit dem entsprechenden Verhältnis aus der Summe der Linklängen zur Summe der belasteten Linklängen gewichtet werden.

Bezüglich den im digitalen Strassennetz GVF nicht abgebildeten und somit bei der Herstellung der Repräsentativität nicht berücksichtigten 1'000 Netzkilometer (5.5% des Kantonsstrassennetzes) kann aufgrund der oben beschriebenen Eigenschaften angenommen werden, dass diese Strassenabschnitte von eher untergeordneter Bedeutung bzgl. der Funktion im Netz sind. Die Auswirkungen der Nichtberücksichtigung werden als vernachlässigbar eingestuft.

Gemeindestrassen

Von den beim Bund und den Kantonen vorhandenen permanenten Querschnittszählern befanden sich 1990 deren 3 auf Gemeindestrassen; 1995 waren es deren 7. Diese Anzahl erlaubt es nicht, für Gemeindestrassen gültige Aussagen zu machen. Vom Netzteil, welcher durch diese Zähler repräsentiert wird, dürfen nicht Schlüsse für das gesamte Gemeindestrassennetz gemacht werden. Auf die Herstellung der Repräsentativität für Gemeindestrassen kann bzw. muss verzichtet werden.

Gemeindestrassen werden aus diesem Grunde nicht in die weiteren Betrachtungen eingeschlossen. Die berechneten Indizes besitzen demzufolge nur für das übergeordnete Strassennetz (Nationalstrassen, Kantonsstrassen) Gültigkeit.

²⁵ Quelle: Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1997, Zürich, 1996. Die Netzlänge der Gemeindestrassen ist letztmals für das Jahr 1984 publiziert.

5.2.2 Linkzuordnung der permanenten Querschnittszähler

Damit die Parameter des digitalen Strassennetzes für die Beschreibung der Lage der permanenten Zählstellen im Netz genutzt werden können, müssen die Querschnittszähler einem Link zugeordnet werden.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Zuordnung der permanenten Querschnittszähler von Bund und Kantonen zu einem Link des belasteten Teils des digitalen Strassennetzes GVF (gesamtschweizerische Modellierung, Basisjahr 1990). Zähler, für welche keine Linkparameter bekannt sind, können für die Indexberechnung nicht verwendet werden.

Tabelle 5.7: Linkzuordnung von Querschnittszählern in der Pilotphase

Bund/Kanton	Anzahl Zähler insgesamt	Anzahl Zähler Zuordnung möglich	Anzahl Zähler Zuordnung nicht möglich
Bund	212	196	16
Kantone	209	186	23

Von den insgesamt 382 permanenten Querschnittszählern, welche einem Link zugeordnet werden können, können zudem die in Tabelle 5.8 aufgeführten nicht weiter verwendet werden.

Tabelle 5.8: Nicht verwendbare Querschnittszähler

Grund für die Nichtverwendung	Bund	Kantone
Keine Durchschnittswerte publiziert	4	-
Keine "echten" Durchschnittswerte berechnet	-	2
Zwei Zähler auf demselben Link	-	3
Zählzeiten nur für eine Richtung	-	2
Total	4	7

Von den insgesamt 421 beim Bund und den Kantonen vorhandenen permanenten Querschnittszählern stehen für die Berechnungen somit 192 Bundeszähler und 179 kantonale Zähler zur Verfügung.

5.3 Analyse der Basisdaten

5.3.1 Analyse der Homogenität der Belastungen

Bei der Berechnung von Entwicklungsindizes ist es hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse notwendig, dass eine ausreichende Anzahl Zählstellen vorliegt und diese bezüglich der Belastungen möglichst homogen sind. Sind die Belastungen, welche für die Berechnung eines Indizes verwendet werden, sehr unterschiedlich, so hat dies eine grosse Streuung im Ergebnis zur Folge.

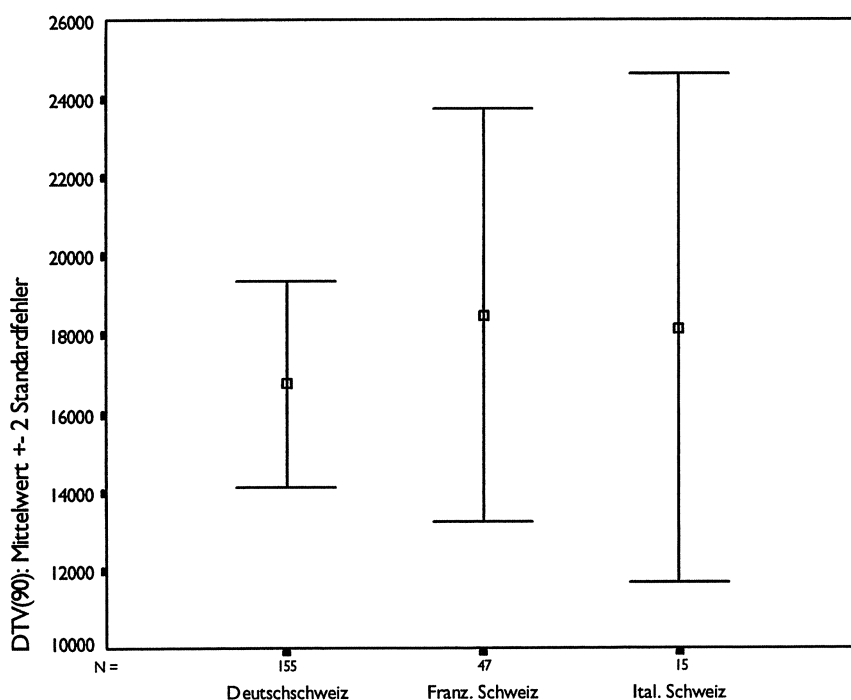
Es wurde deshalb überprüft, inwiefern die Disaggregationsmerkmale der Bedürfnisanalyse dem Kriterium der homogenen Belastungen genügen. Gleichzeitig wurde auch geprüft, ob die Berechnungen überhaupt disaggregiert nach allen identifizierten Merkmalen berechnet werden müssen, oder ob sich die Belastung bezüglich einzelner Merkmale gar nicht unterscheidet und sie somit lediglich einen (ungewollten) Beitrag zur Vergrößerung der Streuung leistet.

Die Überprüfung der Homogenität der Belastungen je Disaggregationsmerkmal erfolgte mittels visueller Analyse des Mittelwertes und dessen Streuung. Die visuellen Entscheidungshilfen sind im folgenden für das Jahr 1990, dem Basisjahr der Testperiode, dargestellt.

Landesteile

Ein erster Blick auf die in Abbildung 5.1 dargestellten Belastungen (DTV(24) für das Jahr 1990) je Landesteil zeigt, dass diese relativ stark um den jeweiligen Mittelwert streuen. Dies erstaunt wenig, werden doch je Landesteil die Belastungen der unterschiedlichsten Querschnitte gemittelt. Weiter fällt auch auf, dass sich die von zwei Standardfehlern eingeschlossenen Bereiche in weiten Teilen überdecken. Dies ist ein Indiz dafür, dass sich die mittleren Belastungen in den drei Landesteilen im wesentlichen nicht voneinander unterscheiden.

Abbildung 5.1: Streuung des Mittelwerts der Belastungen (1990) je Landesteil

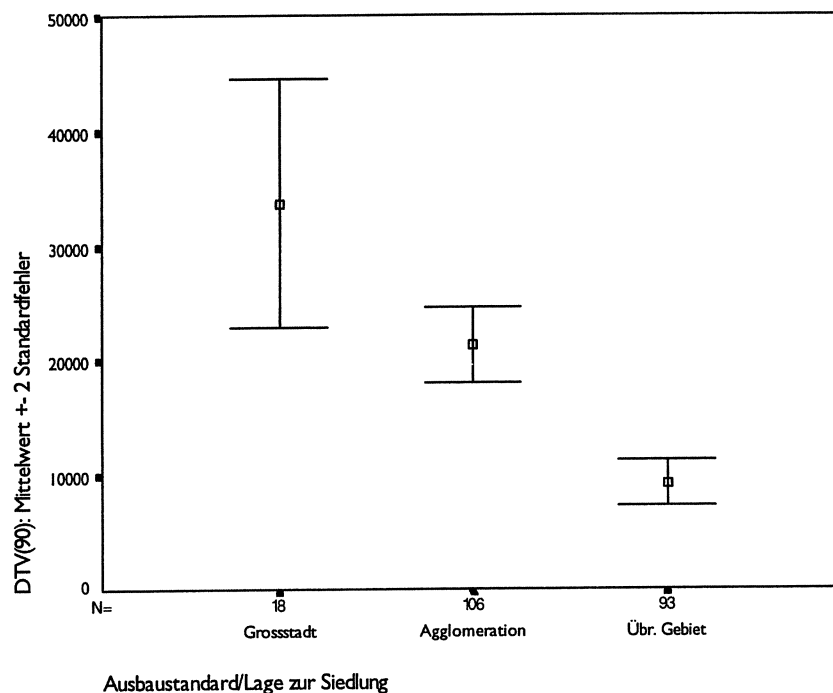


Auch durch die Kombination mit den anderen Disaggregationsmerkmalen kann keine unterschiedliche Belastung, welche im wesentlichen auf die Landesteile zurückgeführt werden kann, aufgedeckt werden. Daraus wird gefolgert, dass durch den Einbezug des Merkmals "Landesteil" nichts hinsichtlich der Bildung von homogenen Gruppen (im Sinne der Reduktion der Streuung) gewonnen wird. Das in der Bedürfnisanalyse identifizierte Disaggregationsmerkmal "Landesteil" wird deshalb für die Berechnungen nicht mehr weiter betrachtet.

Agglomerationstyp

Aus Abbildung 5.2 ist ersichtlich, dass die Streuung der Belastungen (DTV(24) für das Jahr 1990), insbesondere in der Agglomeration und dem übrigen Gebiet, verhältnismässig gering ist. Zudem überdecken sich die von zwei Standardfehlern eingeschlossenen Bereiche nicht. Dies deutet darauf hin, dass zwischen den drei Ausprägungen des Agglomerationstyps Unterschiede bezüglich der Belastungen an Querschnitten bestehen.

Abbildung 5.2: Streuung des Mittelwerts der Belastungen (1990) je Agglomerationstyp

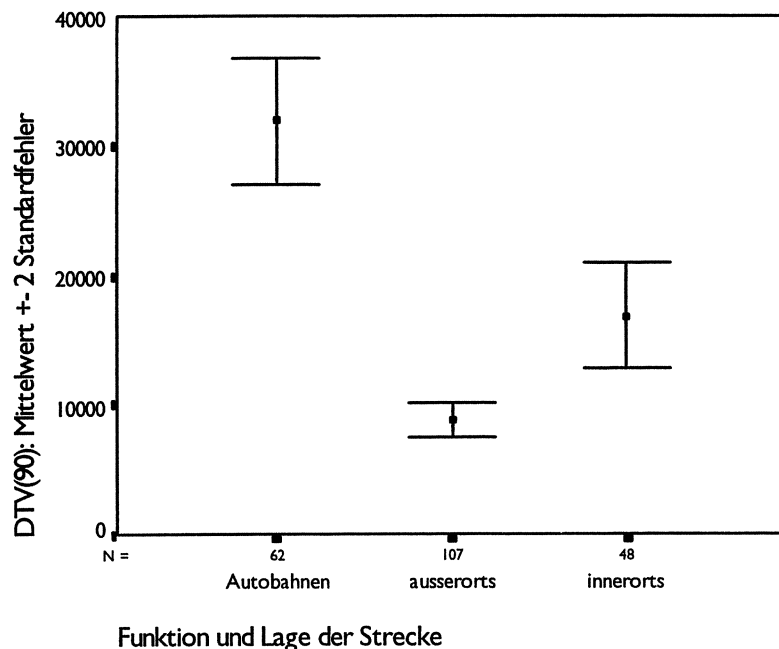


Auf Grund der gemachten Beobachtungen wird geschlossen, dass der Agglomerationstyp zur Verringerung der Streuung innerhalb der betrachteten Gruppen beiträgt. Das in der Bedürfnisanalyse identifizierte Disaggregationsmerkmal "Agglomerationstyp" wird deshalb für die Berechnungen weiter berücksichtigt.

Funktion und Lage der Strecke

Abbildung 5.3 lässt den Schluss zu, dass bezüglich Belastungen am Querschnitt Unterschiede zwischen den Merkmalsausprägungen, d.h. Autobahnen, Ausserorts- und Innerortsstrassen, bestehen: die von zwei Standardfehlern eingeschlossenen Bereiche überdecken sich nicht. Das Merkmal wird deshalb beibehalten.

Abbildung 5.3 Disaggregationsmerkmal "Funktion und Lage der Strecke"



5.3.2 Disaggregationsmerkmale für die Berechnung der Indizes

Unter Berücksichtigung der zu Beginn der Forschungsarbeit durchgeführten Bedürfnisanalyse und aufgrund der Ergebnisse der Analysen bezüglich der Homogenität der Belastungen werden für den weiteren Verlauf der Berechnungen folgende Disaggregationsmerkmale und Ausprägungen festgelegt:

Tabelle 5.9: Disaggregationsmerkmale für die Berechnung der Entwicklungsindizes

Disaggregationsmerkmal	Ausprägung
Agglomerationstyp	Grossstädte (Kernstädte)
	Agglomerationen
	übriges Gebiet
Funktion und Lage der Strecke	Autobahnen
	Innerortsstrassen
	Ausserortsstrassen

Tabelle 5.10 zeigte die für die Testjahre 1990 bis 1995 zur Verfügung stehende Anzahl Zählstellen. Dabei sind nur Zähler berücksichtigt, für welche im jeweiligen Kalenderjahr ein DTV(24) publiziert wurde, und die während mindestens 8 Monaten in Betrieb waren.

Tabelle 5.10: Zähler mit Daten für die Berechnungen (DTV(24))

Jahr	Agglomerationstyp	Funktion und Lage der Strecke			
		Autobahn	Ausserortsstrasse	Innerortsstrasse	Total
1990	Grossstadt	8	2	12	22
	Agglomeration	40	50	31	121
	übriges Gebiet	27	64	10	101
	Total	75	116	53	244
1991	Grossstadt	9	2	13	24
	Agglomeration	44	61	35	140
	übriges Gebiet	27	77	12	116
	Total	80	140	60	280
1992	Grossstadt	10	3	13	26
	Agglomeration	45	74	35	154
	übriges Gebiet	31	90	15	136
	Total	86	167	63	316
1993	Grossstadt	13	3	14	30
	Agglomeration	43	72	37	152
	übriges Gebiet	33	91	17	141
	Total	89	166	68	323
1994	Grossstadt	11	4	12	27
	Agglomeration	49	74	40	163
	übriges Gebiet	37	96	18	151
	Total	97	174	70	341
1995	Grossstadt	13	4	14	31
	Agglomeration	51	79	42	172
	übriges Gebiet	38	104	18	160
	Total	102	187	74	363

6 Methodik für die Berechnung von Entwicklungsindizes im Strassenverkehr

6.1 Methoden

Für die Berechnung von Entwicklungsindizes sind mehrere Methoden denkbar, z.B.:

- Methode "Querschnittszählungen"
- Methode "Verkehrsnachfragemodell"
- Methode "Panelbefragung"

Aufgrund der mit der Forschungsarbeit verfolgten Zielsetzung, nämlich der Berechnung von Entwicklungsindizes des schweizerischen Strassenverkehrs im Sinne einer Fortsetzung der Arbeiten der FA 36/80, wird im folgenden für die Methode "Querschnittszählungen" ein detailliertes Konzept ausgearbeitet. Die Methode wird anschliessend für die Berechnung der Indizes angewendet (vgl. Kapitel 7 und 8).

Die Methoden "Verkehrsnachfragemodell" und "Panelbefragung" sind in Anhang A2 näher beschrieben.

6.2 Gegenstand der Methode "Querschnittszählungen"

Gegenstand der Methode "Querschnittszählungen" ist, anhand der von Bund, Kantonen und Gemeinden an Strassenquerschnitten erhobenen Zähldaten Indizes über die schweizerische Gesamtverkehrsentwicklung (Strassenverkehr) herzuleiten.

Die Methode soll dabei in zweierlei Hinsicht einfach sein. Erstens soll sie einfach zu verstehen und nachzuvollziehen sein. Zweitens soll die darauf aufbauende Berechnung einfach durchzuführen sein, d.h. mit wenig Mitteleinsatz und möglichst mit bereits vorhandenem Datenmaterial.

Als indextheoretische Basis für die zu bestimmende Methodik wird ein Index nach Laspeyres verwendet²⁶. Obwohl dieser Index bezüglich des Erfüllens der wünschbaren Indexeigenschaften keine vollkommene Lösung darstellt, sprechen dennoch einige gewichtig Gründe für dessen Wahl:

- Interpretierbarkeit: Indizes nach Laspeyres sind leichter interpretierbar als etwa jene nach Fischer, da die "reine" Veränderung der indizierten Grösse zum Ausdruck gebracht wird.
- Bekanntheitsgrad: Aufgrund seiner Verwendung bei der Berechnung des Landesindex der Konsumentenpreise sind Indizes nach Laspeyres in der Öffentlichkeit relativ gut bekannt.
- Erhebungstechnik: Mit dem über eine gewisse Periode konstant gehaltenen Gewichtungsschema hat der Index nach Laspeyres erhebungstechnische Vorteile.

Für die herzuleitende Methode muss das Prinzip des fixen Gewichtungsschemas derart ergänzt werden, dass Veränderungen in der zur Verfügung stehenden Anzahl Querschnitte mit Messdaten möglichst Rechnung getragen werden kann.

²⁶ Angaben zur Indextheorie befinden sich in Anhang A1.

6.3 Repräsentativität der Querschnittszähler

6.3.1 Problematik der Repräsentativität

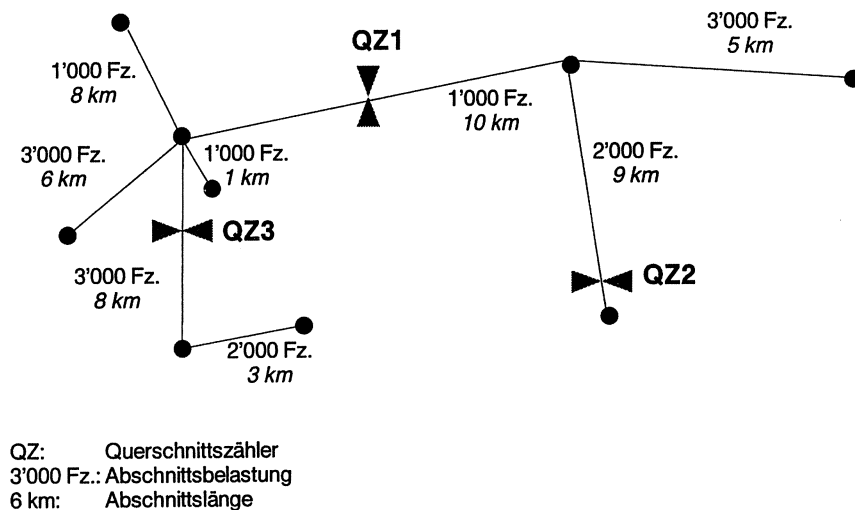
Der Verkehrsmengenindex macht Aussagen über die Zunahme der Verkehrsmenge zwischen zwei Perioden auf einem durchschnittlichen Strassenquerschnitt der Schweiz. Ein Teilindex des Verkehrsmengenindex, z.B. Personenwagen auf Ausserortsstrassen im Agglomerationsgebiet von Grossstädten, macht demzufolge selbige Aussage für einen entsprechenden "durchschnittlichen" Querschnitt.

Die Berechnung von solchen Indizes kann am genauesten erfolgen, wenn für jeden Streckenabschnitt²⁷ Querschnittsdaten im Sinne einer permanenten Erhebung zur Verfügung stehen würden. Darauf, dass dieser Zustand relativ weit von der Realität entfernt ist, braucht nicht besonders hingewiesen zu werden. Vor der Berechnung der Indizes mit den vorhandenen Querschnittsdaten gilt es sich deshalb zu überlegen, wieweit diese für das Strassennetz repräsentativ sind.

Veranschaulichung am Beispiel

Gegeben sei das in Abbildung 6.1 dargestellte hypothetische Strassennetz mit für jeden Abschnitt bekannten Belastungen für die Periode t . Als Grundlage für die Indexberechnung soll für diese Periode die Belastung eines durchschnittlichen Querschnitts des Netzes berechnet werden²⁸.

Abbildung 6.1: Hypothetisches Strassennetz mit Belastungen für die Periode t



²⁷ Unter Streckenabschnitt wird in diesem Zusammenhang ein Abschnitt des Strassennetzes verstanden, auf welchem die Belastung und die Verkehrszusammensetzung "gleich" sind.

²⁸ Zusammen mit der entsprechenden Belastung für die Periode $t+1$ kann ein erster Indexwert berechnet werden.

Die durchschnittliche Netzbelastung B^t berechnet sich gemäss nachfolgender Beziehung. B^t kann dabei als durchschnittliche Belastung auf einem Netzkilometer interpretiert werden.

$$B^t = \frac{\sum_{i=1}^n B_i^t l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad (F\ 3)$$

- B^t : durchschnittliche Netzbelastung in der Periode t
 B_i^t : durchschnittliche Querschnittsbelastung des Abschnitts i in der Periode t
 l_i : Länge des Abschnitts i
 n : Anzahl Abschnitte insgesamt

Auf dem hypothetischen Strassennetz ergibt sich gemäss obiger Beziehung eine durchschnittliche Netzbelastung von 2'111 Fahrzeugen (mit der Länge gewichtetes Mittel).

Sind jedoch für die Berechnung der durchschnittlichen Netzbelastung nur die Belastungen der drei Querschnittszähler QZ1, QZ2 und QZ3 bekannt, so ergibt sich ein Wert von 1'926 Fahrzeugen (mit der Länge gewichtetes Mittel), was einer Abweichung von beinahe 10% entspricht. Die drei Querschnittszähler repräsentieren das Strassennetz hinsichtlich seiner durchschnittlichen Belastung nur ungenügend.

6.3.2 Verfahren zur Herstellung der Repräsentativität

Veranschaulichung am Beispiel

Bei näherer Betrachtung der Repräsentativität der einzelnen Querschnittszähler wird ersichtlich, dass bspw. Abschnitte mit einer Belastung von 3'000 Fahrzeugen durch die drei Querschnittszähler stark unterrepräsentiert sind; der Zähler QZ3 repräsentiert nur 8 der 19 Kilometer mit der entsprechenden Belastung. Bei Zähler QZ1 beträgt dasselbe Verhältnis 10/14, bei Zähler QZ2 9/12.

Um zu erreichen, dass die aus den drei Querschnittszählern berechnete durchschnittliche Netzbelastung der tatsächlichen durchschnittlichen Netzbelastung entspricht, müssen die Belastungen der einzelnen Zähler mit dem reziproken Repräsentationsverhältnis gewichtet werden. Verdeutlicht anhand der Formelschreibweise:

$$B^t = \frac{\sum_{z=1}^m b_z^t l_z g_z}{\sum_{z=1}^m l_z g_z} \quad (F\ 4)$$

- B^t : durchschnittliche Netzbelastung in der Periode t
 m : Anzahl Querschnittszähler insgesamt (in diesem Fall: 3)
 b_z^t : Belastung bei Zähler z , in Periode t
 l_z : Länge des Abschnitts von Zähler z
 g_z : Gewichtungsfaktor für Zähler z

und:

$$g_z = \frac{\sum_{j=1}^k l_j^k}{\sum_{z=1}^p l_z^k} \quad (F 5)$$

- h : Anzahl Abschnitte in Belastungsklasse k ($k=1, r$)
 p : Anzahl Querschnittszähler in Belastungsklasse k (in diesem Fall jeweils 1)
 l_z^k : Länge des Abschnitts, in dem sich Zähler z befindet, der zur Belastungsklasse k gehört, ($z=1, p$ und $k=1, r$)
 l_j^k : Länge des Abschnitts j , der zur Belastungsklasse k gehört ($j=1, h$ und $k=1, r$)
 r : Anzahl Belastungsklassen
 m : Anzahl Querschnittszähler ($m \geq r$)

Erfolgt die Berechnung der durchschnittlichen Netzbelastung unter Verwendung der drei Querschnittszähler und den entsprechenden Gewichtungsfaktoren gemäss obiger Beziehung, so ergeben sich 2'111 Fahrzeuge, was dem "wahren" Wert entspricht.

Ermittlung der Gewichtungsfaktoren im verallgemeinerten Fall

Im allgemeinen Fall ist von einem Strassennetz mit n Abschnitten und n unterschiedlichen Belastungen auszugehen. Gegenstand dieses Textabschnitts ist die Herleitung von Gewichtungsfaktoren im verallgemeinerten Fall. Es wird davon ausgegangen, dass die Belastung für jeden Abschnitt bekannt ist.

Um das Verfahren unter diesen Voraussetzungen praktikabel zu machen, werden Belastungsklassen gebildet. Aus den n Abschnitten des Netzes werden r Belastungsklassen (Verkehrsmengenklassen, $n > r$) gebildet. Sodann wird die Gesamtlänge der k Abschnitte innerhalb einer Belastungsklasse berechnet:

$$L^k = \sum_{j=1}^h l_j^k \quad (F 6)$$

- h : Anzahl Abschnitte innerhalb der Belastungsklasse k
 L^k : Gesamtlänge der h Abschnitte, die zur Belastungsklasse k gehören ($k=1, r$)
 l_j^k : Länge von Abschnitt j in Belastungsklasse k ($j=1, h$ und $k=1, r$)
 r : Anzahl Belastungsklassen

Als nächstes werden die Querschnittszähler den r Belastungsklassen zugeordnet und die Gesamtlänge der zugehörigen Abschnitte auf analoge Weise bestimmt:

$$D^k = \sum_{z=1}^p l_z^k \quad (F 7)$$

- D^k : Gesamtlänge der p Abschnitte mit Querschnittszähler, die zur Belastungsklasse k gehören
 l_z^k : Länge von Abschnitt z mit Querschnittszähler in Belastungsklasse k ($k=1, r$)
 p : Anzahl Querschnittszähler in Belastungsklasse k

Der Gewichtungsfaktor, der den einzelnen Querschnittszählern zuzuordnen ist, um die Repräsentativität herzustellen, errechnet sich dann als

$$g_z = \frac{L^k}{D^k} \quad (F\ 8)$$

g_z : Gewichtungsfaktor für Querschnittszähler z (der zur Belastungsklasse k gehört)

Es wird allen Zählern innerhalb einer Belastungsklasse derselbe Gewichtungsfaktor zugeordnet.

Mindestanforderungen

Die Bildung von Belastungsklassen kann nicht unabhängig von der Anzahl Querschnittszählern erfolgen. Bei der Klassenbildung muss darauf geachtet werden, dass jeder Klasse mehrere Zähler zugeordnet werden können.

6.4 Berechnung des Verkehrsmengenindex für die Summe der Fahrzeuge

6.4.1 Festgelegte Disaggregationsmerkmale

In Kapitel 5 wurden folgende Disaggregationsmerkmale für die Berechnung von Entwicklungsindizes festgelegt:

Tabelle 6.1: Festgelegte Disaggregationsmerkmale

Disaggregationsmerkmal	Ausprägung
Agglomerationstyp	Grossstädte Agglomerationen übriges Gebiet
Funktion und Lage der Strecke	Autobahnen Innerortsstrassen Ausserortsstrassen

Durch Kombination dieser Disaggregationsmerkmale lassen sich - wenn auch die Randtotalen mitgezählt werden - 16 verschiedene Elemente unterscheiden, für die je ein Index berechnet werden muss.

6.4.2 Berechnung des Index

Der Verkehrsmengenindex kann für ein Element e berechnet werden, indem die durchschnittliche Belastung der Periode t zur durchschnittlichen Belastung der Basisperiode (Periode 0) in Beziehung gesetzt wird.

$$VMI_e^t = \frac{B_e^t}{B_e^0} \quad (F 9)$$

mit

$$B_e^t = \frac{\sum_{z=1}^m b_{ez}^t d_{ez} g_{ez}}{\sum_{z=1}^m d_{ez} g_{ez}} \quad (F 10)$$

$$B_e^0 = \frac{\sum_{z=1}^m b_{ez}^0 d_{ez} g_{ez}}{\sum_{z=1}^m d_{ez} g_{ez}} \quad (F 11)$$

und

$$g_{ez} = \frac{L_{ek}}{D_{ek}} \quad (F 12)$$

VMI_e^t : Verkehrsmengenindex des Elements e in der Periode t

B_e^t : durchschnittliche Netzbelastung des Elements e in der Periode t

B_e^0 : durchschnittliche Netzbelastung des Elements e in der Periode 0

m : Anzahl Querschnittszähler im Element e

b_{ez}^t : Querschnittsbelastung des Zählers z im Element e in der Periode t

b_{ez}^0 : Querschnittsbelastung des Zählers z im Element e in der Periode 0

d_{ez} : Länge des Abschnitts mit Zähler z im Element e

g_{ez} : Gewicht des Zählers z im Element e

L_{ek} : Gesamtlänge der Links des Elements e , die zur Belastungsklasse k gehören

D_{ek} : Gesamtlänge der Links mit Querschnittszähler des Elements e , die zur Belastungsklasse k gehören

6.4.3 Arbeitsschritte

Der Berechnungsablauf ist in Abbildung 6.2 dargestellt. Für die Berechnung eines Indexes sind die folgenden Arbeitsschritte notwendig:

1. Sammeln der vorhandenen Zählzeiten
2. Festlegen der Belastungsklassen
3. Je Belastungsklasse Berechnen der Gewichtungsfaktoren g_k
4. Berechnen der durchschnittlichen Belastung für das Jahr 0 (= Basisjahr)
5. Berechnen der durchschnittlichen Belastungen und des Indexes für das Jahr 1 (= erstes Folgejahr)
6. Berechnen der durchschnittlichen Belastungen und des Indexes für das Jahr 2 (= zweites Folgejahr)
7. etc. für alle Folgejahre

Sammeln der Zählzeiten

Die vorhandenen Zählzeiten sind in Kapitel 5 beschrieben.

Festlegen der Belastungsklassen

Die für die Berechnung der Gewichtungsfaktoren zu bildenden Belastungsklassen sind abhängig von der Anzahl Zählstellen. Für die Berechnung eines gesamtschweizerischen Indexes beispielsweise sind andere Belastungsklassen zu bilden als für die Berechnung eines Indexes für Innerortsstrassen im übrigen Gebiet.

Die für die Zuteilung des Verkehrsnetzes zu den Belastungsklassen notwendige Grund-Verkehrsbelastung wurde vom Dienst GVF übernommen (vgl. Kapitel 5)²⁹. Für jedes der 16 Elemente e werden die Belastungsklassen von Hand unter Verwendung der Verkehrsbelastungen des Dienstes GVF gebildet, und zwar so, dass in jeder Klasse mindestens 5 Zählstellen vorhanden sind und dass die durchschnittliche Zählbelastung möglichst gut der durchschnittlichen Modellbelastung entspricht. Die Belastungsklassen bleiben nachher für die Berechnung der Indizes fest.

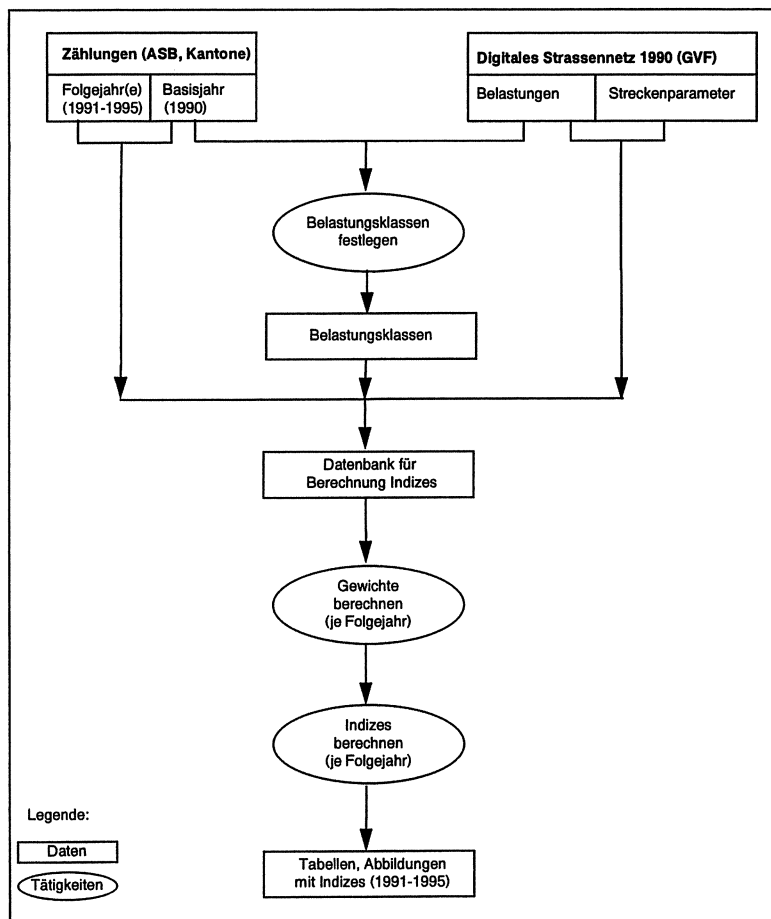
In dem für die Berechnungen zur Verfügung gestellten Auszug aus dem digitalen Strassennetz GVF sind die Belastungen auf 1'000 Fz. gerundet. Dies führt dazu, dass Links mit einer modellmässigen Belastung von unter 500 Fz. eine Belastung von 0 erhalten. Solche Links werden im Rahmen der Bildung von Belastungsklassen der niedrigsten Klasse zugeordnet.

Berechnung der Gewichtungsfaktoren

Die Gewichtungsfaktoren werden je Belastungsklassen bestimmt. Für jede Belastungsklasse wird die totale Netzlänge in Beziehung zur Netzlänge mit Zählern gesetzt. Die Gewichtungsfaktoren werden von Jahr zu Jahr neu berechnet, da infolge neuer oder wegfallender Zählstellen die Netzlänge mit Zählern ändern kann.

²⁹ Die Verkehrsbelastungen werden für die Zuteilung der Strecken zu den Belastungsklassen verwendet. Die Anforderungen an ihre Genauigkeit können deshalb klein gehalten werden.

Abbildung 6.2: Berechnungsablauf



Berechnung der durchschnittlichen Belastung im Basisjahr

In einem betrachteten Element werden die gezählten Verkehrsmengen zur durchschnittlichen Belastung aggregiert, indem das in Abschnitt 6.3 beschriebene allgemeine Verfahren zur Herstellung der Repräsentativität verwendet wird. In die Berechnung fließen dabei alle Zählstellen ein, für die Zählwerte sowohl für das Basisjahr wie auch für das erste Folgejahr vorliegen.

Berechnung der durchschnittlichen Belastung und des Indexes für das erste Folgejahr

Für das erste Folgejahr werden die Verkehrszählungen auf gleiche Weise zur durchschnittlichen Belastung aggregiert. Aus den beiden durchschnittlichen Belastungen kann anschliessend der Index berechnet werden. Aufgrund des gewählten Laspeyres-Konzeptes werden die für das Basisjahr ermittelten Gewichtungsfaktoren verwendet.

Berechnung der durchschnittlichen Belastung und des Indexes für das zweite Folgejahr

Die Berechnungen für das zweite - und alle weiteren - Folgejahre erfolgten analog. Das erste Folgejahr bildete dabei für das zweite Folgejahr (1992) eine Art Hilfsbasis. Aus den durchschnittlichen Belastungen für die Hilfsbasis und für das zweite Folgejahr konnte die relative Veränderung zwischen dem ersten und dem zweiten Folgejahr bestimmt werden. Anschliessend wurden die durchschnittliche Belastung des zweiten Folgejahres auf diejenige des Basisjahres

(1990) normiert und der Index zwischen dem Basisjahr und dem zweiten Folgejahr (1992) berechnet.

6.4.4 Indexrevisionen

Indexreihen sind aufgrund des sich verändernden Gewichtungsschemas von Zeit zu Zeit zu revidieren, d.h. auf eine neue Basis zu stellen. Man berechnet also von Zeit zu Zeit ein aktuelles Gewichtungsschema.

Die Gewichtungsfaktoren werden beeinflusst von den Modellbelastungen des Dienstes GVF und allfälligen Netzänderungen. Die vom Dienst GVF für die Ermittlung der Modellbelastungen verwendeten Inputdaten stammen grösstenteils aus Erhebungen, welche in zeitlichen Abständen von 5 Jahren wiederholt werden³⁰. Nach Abschluss einer solchen "Erhebungsperiode" können Veränderungen in den Belastungen auftreten, die sich auf die Zuteilung der Strecken zu den Belastungsklassen auswirken.

Eine Revision des Gewichtungsschemas sollte somit in Abständen von 5 Jahren ins Auge gefasst werden. Bei dieser Revision können gleichzeitig Netzänderungen berücksichtigt werden. Die sich bei einer Revision ergebenden "Entwicklungsbrüche" in der Indexreihe (neue Basis mit Stand 100) können durch die "Verkettung" der verschiedenen Indexreihen aufgefangen werden (für Angaben zur Indextheorie vgl. Anhang A1).

6.5 Berechnung des Verkehrsmengenindex für Fahrzeuge nach Längenklassen

6.5.1 Voraussetzungen und Berechnung

Bei der Berechnung von Verkehrsmengenindizes werden die vorhandenen Daten der Querschnittszähler derart gewichtet, dass die aus diesen berechnete durchschnittliche Netzbelastung der "tatsächlichen" durchschnittlichen Netzbelastung entspricht. Für die Berechnung der entsprechenden Gewichte werden aus den Modellbelastungen des Dienstes GVF Belastungsklassen gebildet.

Für die Berechnung von Verkehrsmengenindizes für Fahrzeuge nach Längenklassen sind somit Modellbelastungen je Längenkategorie notwendig. Modellbelastungen liegen zur Zeit nur für Personenwagen vor. Aus diesem Grund wird für die Berechnung von Verkehrsmengenindizes je Längenklasse ein längengewichtetes arithmetisches Mittel verwendet, welches in seiner allgemeinen Form wie folgt dargestellt werden kann:

³⁰ Eine Übersicht dieser Inputdaten findet sich in: EVED, GVF. Fahrleistungen des privaten Strassenverkehrs 1990-2015. GVF-Bericht 3/95. Bern, 1995

$${}^k VMI_{e0}^t = \frac{\sum_{z=1}^m {}^k b_{ez}^t l_z}{\sum_{l=1}^n l_z} \bigg/ \frac{\sum_{z=1}^n {}^k b_{ez}^0 l_z}{\sum_{l=1}^n l_z} \quad (F 13)$$

- ${}^k VMI_{e0}^t$: Entwicklungsindex des Elements e in Periode t zur Basis 0 der Längenkategorie k
 n : Anzahl Querschnittszähler mit Analysemöglichkeit
 ${}^k b_z^t$: Belastung der Längenkategorie k bei Zähler z in Element e in Periode t
 ${}^k b_z^0$: Belastung der Längenkategorie k bei Zähler z in Element e in der Basisperiode 0
 l_z : Länge des Abschnitts von Querschnittszähler z

Für die Berechnung von Verkehrsmengenindizes je Längenkategorie wird der DWV(24) verwendet. Es werden in Analogie zur Summe der Fahrzeuge nur Zähler verwendet, die während mindestens 8 Monaten in Betrieb waren (kantonale Zähler). Total stehen 47 Zähler mit Längengruppenunterscheidung zur Verfügung. Die Indizes können deshalb nur nach Funktion und Lage der Strecke disaggregiert werden (23 Zähler auf Autobahnen, 22 Zähler auf Ausserortsstrassen, 2 Zähler auf Innerortsstrassen). Die Ergebnisse der Berechnungen des Indizes für Fahrzeuge nach Längengruppen sind in Anhang A4 zusammengestellt.

6.6 Fahrleistungsindex

Die Fahrleistung FL auf einem Streckenabschnitt l mit durchschnittlicher Belastung b errechnet sich anhand der Beziehung

$$FL = b \cdot l$$

Unter Verwendung dieser Beziehung kann die für Verkehrsmengenindizes hergeleitete Methode grundsätzlich auch für die Berechnung von Fahrleistungsindizes verwendet werden. Die mit der in Abschnitt 6.4 hergeleiteten Beziehung berechneten Verkehrsmengenindizes

$$VMI_e^t = \frac{B_e^t}{B_e^0} \quad (F 14)$$

VMI_e^t : Verkehrsmengenindex des Elements e in der Periode t

B_e^t : Netzbelastung des Elements e in der Periode t

B_e^0 : Netzbelastung des Elements e in der Periode 0

können aufgrund der Art und Weise der Gewichtung bei der Ermittlung der Belastungen B_e^t bzw. B_e^0 interpretiert werden als durchschnittliche Entwicklung der Verkehrsbelastung auf einem durchschnittlichen Netzkilometer des betrachteten Elements e. Da auf einem Netzabschnitt der Länge 1km die durchschnittliche Querschnittsbelastung der Fahrleistung entspricht, wird sich der Fahrleistungsindex nicht vom Verkehrsmengenindex unterscheiden.

Der Fahrleistungsindex und der Verkehrsmengenindex sind bei Verwendung der vorgeschlagenen Berechnungsmethode identisch. Eine eigentliche Berechnung von Fahrleistungsindizes ist daher nicht notwendig.

7 Berechnung der Verkehrsmengenindizes: Summe der Fahrzeuge DTV (24)

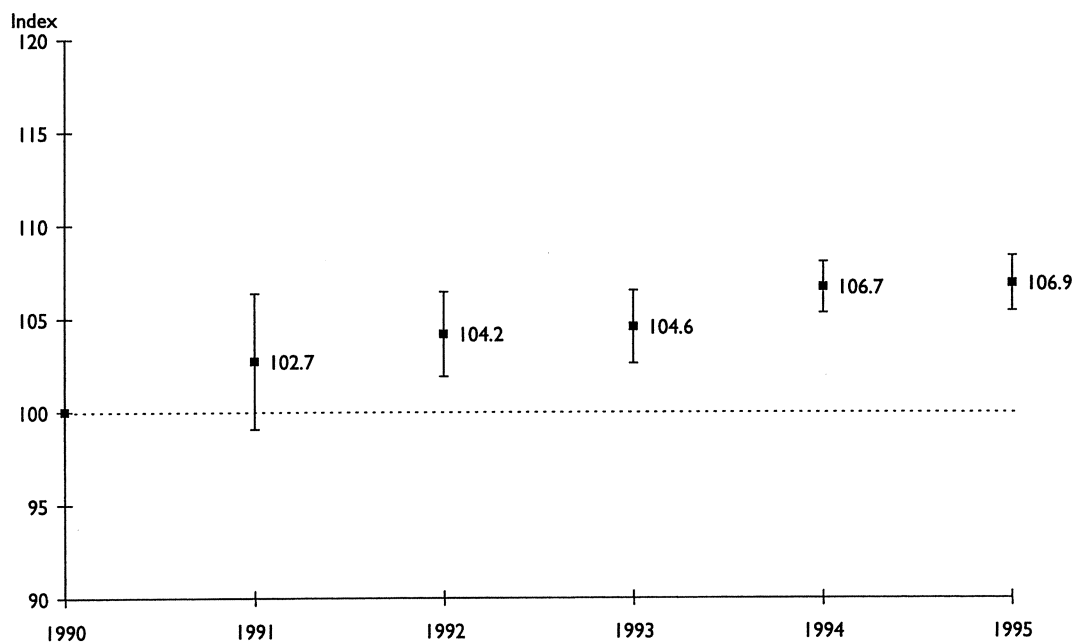
7.1 Index gesamte Schweiz

In Tabelle 7.1 und Abbildung 7.1 sind die Ergebnisse für die Berechnungen des Verkehrsmengenindex für den DTV(24) für die gesamte Schweiz wiedergegeben.

Tabelle 7.1: Verkehrsmengenindex für die **gesamte Schweiz**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	5'806	100.0	-	238
1991	5'963	102.7	1.83	271
1992	6'048	104.2	1.14	305
1993	6'071	104.6	0.98	312
1994	6'194	106.7	0.69	340
1995	6'207	106.9	0.74	340

Abbildung 7.1: Verkehrsmengenindex für die **gesamte Schweiz**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)



Auf den schweizerischen Strassen, d.h. für die durchschnittliche Belastung auf einem durchschnittlichen Netzkilometer, ergibt sich für die Periode von 1990 bis 1995 eine Zunahme von 6.9 Indexpunkten, wobei die grösste Zunahme in der Periode bis 1994 stattfand. 6.9 Indexpunkte kommen einer Zunahme der durchschnittlichen Belastung von rund 400 Fz. gleich.

Die permanenten Zähler des Bundes weisen für die selbe Periode eine Zunahme von 100.0 auf 108.9 auf³¹. Dabei ist zu beachten, dass den Zählern auf Autobahnen bei der vom ASB für die Berechnung dieses Wertes verwendete Mittelung eine grössere Bedeutung zukommt als bei der in dieser Forschungsarbeit verwendeten Methode. Zudem ist in der Forschungsarbeit die Datenbasis um permanente kantonale Zähler erweitert. Diese befinden sich in der Regel nicht auf dem Autobahnnetz³². Aufgrund dieser Überlegungen wird der für die gesamte Schweiz berechnete Verkehrsmengenindex als plausibel beurteilt.

In der Tabelle ebenso aufgeführt sind die mittels dem Bootstrap-Verfahren³³ berechneten Standardfehler (Anzahl gezogene Samples = 300). Aus den Standardfehlern lassen sich Vertrauensintervalle bestimmen. Diese entsprechen dem in Abbildung 7.1 für die jeweiligen Indexwerte dargestellten Bereich von ± 2 Standardfehler und beinhalten den "wahren" Indexwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%. Ist der Indexwert 100 in diesem Intervall enthalten, so muss daraus geschlossen werden, dass der berechnete Indexwert nicht signifikant von 100 verschieden ist. Überdecken sich die Intervalle zweier Jahre, ist dies ein Indiz für das Bestehen von nichtsignifikanten Unterschieden.

Bezogen auf die Ergebnisse des gesamtschweizerischen Index bedeutet dies, dass der für 1991 berechnete Indexwert von 102.7 äusserst knapp von 100 verschieden ist, die Werte für die Jahre 1992 bis 1995 hingegen deutlich. Zudem besteht beispielsweise zwischen den Jahren 1992 und 1993 kein signifikanter Unterschied, da sich die jeweiligen Intervalle fast vollständig überdecken. Im Falle einer möglichen Anwendung würde dies bedeuten, dass bei der Hochrechnung einer Verkehrszählung aus dem Jahre 1992 auf das Jahr 1993 der Faktor 1 verwendet werden müsste.

³¹ ASB: Automatische Strassenverkehrszählung 1995, Bern, 1996

³² Wie in Abschnitt 7.3 gezeigt wird, weisen Nationalstrassen für die betrachtete Periode eine überdurchschnittliche Verkehrszunahme auf.

³³ Das Bootstrap-Verfahren ist eine computergestützte Methode zur Berechnung von Genauigkeitsangaben von statistischen Schätzern, d.h. er liefert Angaben über die Verteilung von Schätzern. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist, dass die Zählungen zufällig verteilt sind. Obschon dies nicht der Fall ist, wird das Verfahren verwendet um eine Aussage über die Genauigkeit der berechneten Indizes zu erhalten. Eine Beschreibung des Verfahrens befindet sich in Anhang A3.

7.2 Index nach Agglomerationstyp

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes, disaggregiert nach Agglomerationstyp, wiedergegeben. Überlegungen zur Plausibilität der Ergebnisse finden sich im Anschluss an die drei Tabellen und Abbildungen.

Tabelle 7.2: Verkehrsmengenindex für **Grossstädte**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	26'617	100.0	-	21
1991	26'882	100.8	1.41	22
1992	27'246	102.4	1.39	26
1993	27'434	103.1	1.18	26
1994	27'889	104.8	1.25	27
1995	27'752	104.3	1.21	27

Abbildung 7.2: Verkehrsmengenindex für **Grossstädte**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)

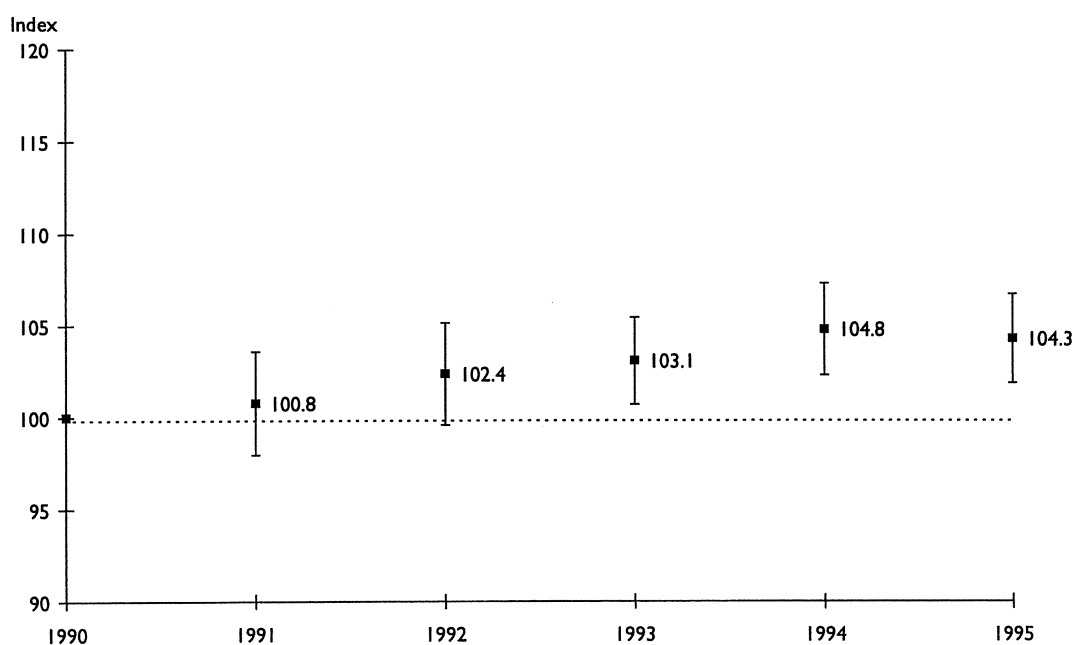


Tabelle 7.3: Verkehrsmengenindex für **Agglomerationen**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	8'445	100.0	-	118
1991	8'671	102.7	1.90	137
1992	8'785	104.0	2.63	147
1993	8'804	104.3	2.02	147
1994	8'944	105.9	2.16	162
1995	9'044	107.1	2.59	162

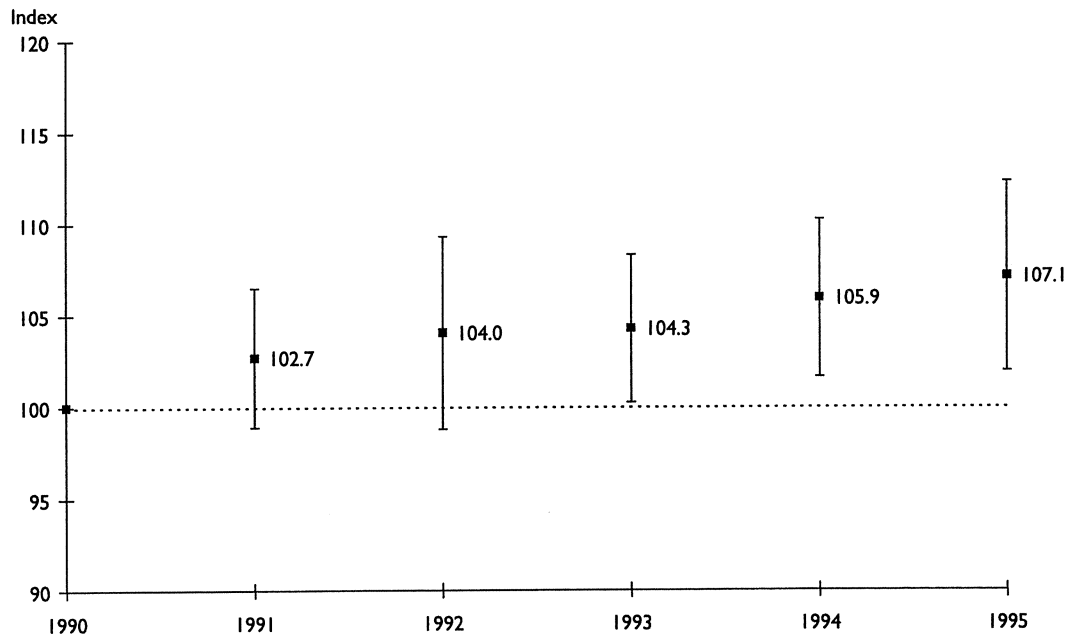
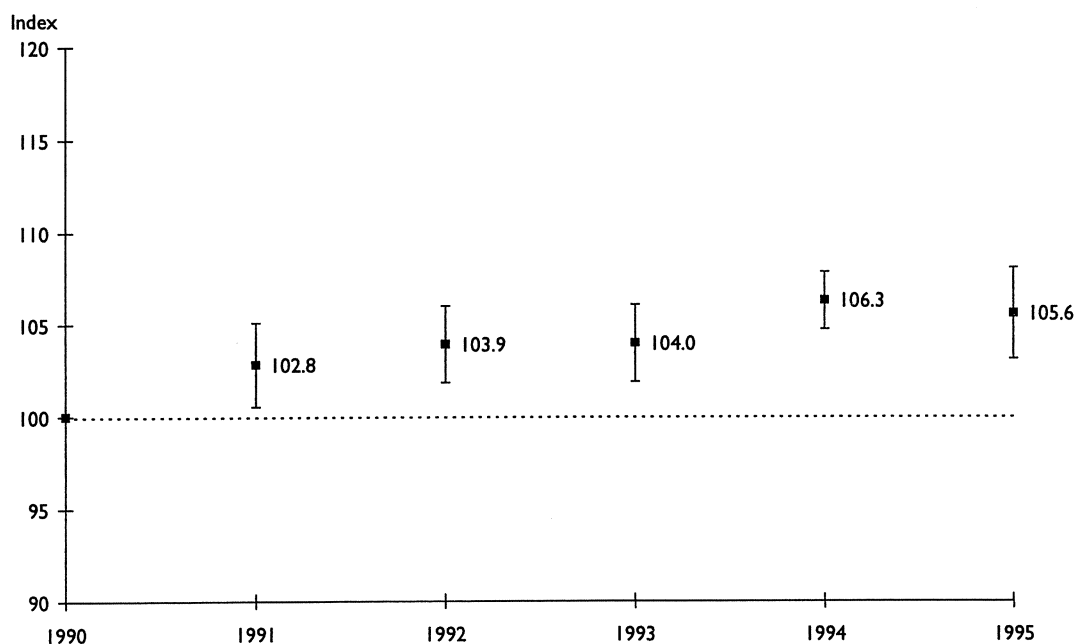
Abbildung 7.3: Verkehrsmengenindex für **Agglomerationen**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Tabelle 7.4: Verkehrsmengenindex für das **übrige Gebiet**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	3'792	100.0	-	99
1991	3'898	102.8	1.14	112
1992	3'940	103.9	1.04	132
1993	3'942	104.0	1.05	139
1994	4'030	106.3	0.78	151
1995	4'003	105.6	1.24	151

Abbildung 7.4: Verkehrsmengenindex für das **übrige Gebiet**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Bei der Betrachtung des Verkehrsmengenindex disaggregiert nach Agglomerationstypen erweisen sich die Agglomerationen als der Ort mit der grössten Zunahme der durchschnittlichen Querschnittsbelastung (7.1 Indexpunkte). Ebenso sind Zunahmen in den Grossstädten sowie im übrigen Gebiet zu verzeichnen. Bei der Beurteilung der Zunahme in den Grossstädten ist allerdings Vorsicht geboten, denn der von ± 2 Standardfehlern eingeschlossene Bereich überdeckt den Indexwert 100 in 2 der 5 betrachteten Jahre (1991 und 1992). 1993 wird der Wert 100 jeweils nur knapp nicht überdeckt. Dies deutet darauf hin, dass zumindest die ausgewiesenen Veränderungen von 1991 und 1992 nicht, und diejenige von 1993 nur mit Vorbehalt von Null verschieden sind. Negativ auf die Streuung der Indizes von Grossstädten wirkt sich die relativ geringe Anzahl Zähler aus.

7.3 Index nach Funktion und Lage der Strecke

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes, disaggregiert nach Funktion und Lage der Strecke, wiedergegeben. Überlegungen zur Plausibilität der Ergebnisse finden sich im Anschluss an die drei Tabellen und Abbildungen.

Tabelle 7.5: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	22'706	100.0	-	73
1991	23'564	103.8	1.02	75
1992	24'073	106.0	0.88	81
1993	24'620	108.4	0.68	85
1994	25'573	112.6	0.71	97
1995	26'120	115.0	0.58	97

Abbildung 7.5: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)

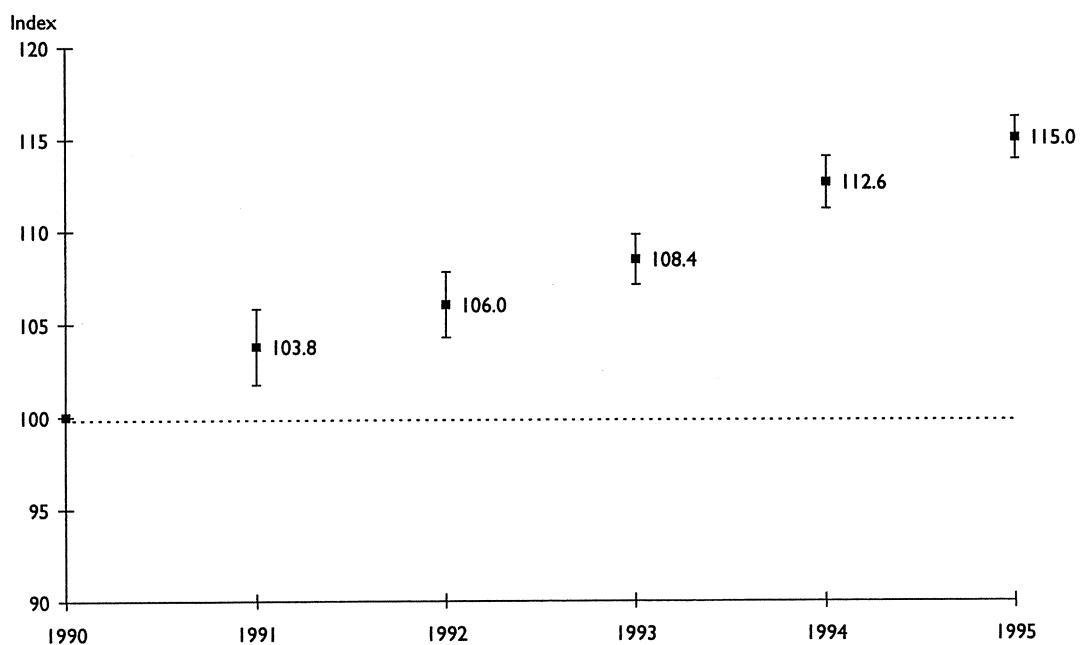


Tabelle 7.6: Verkehrsmengenindex für **Ausserortsstrassen**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	3'478	100.0	-	113
1991	3'554	102.2	0.77	138
1992	3'571	102.7	1.39	161
1993	3'556	102.2	0.99	162
1994	3'577	102.8	0.84	173
1995	3'544	101.9	1.11	173

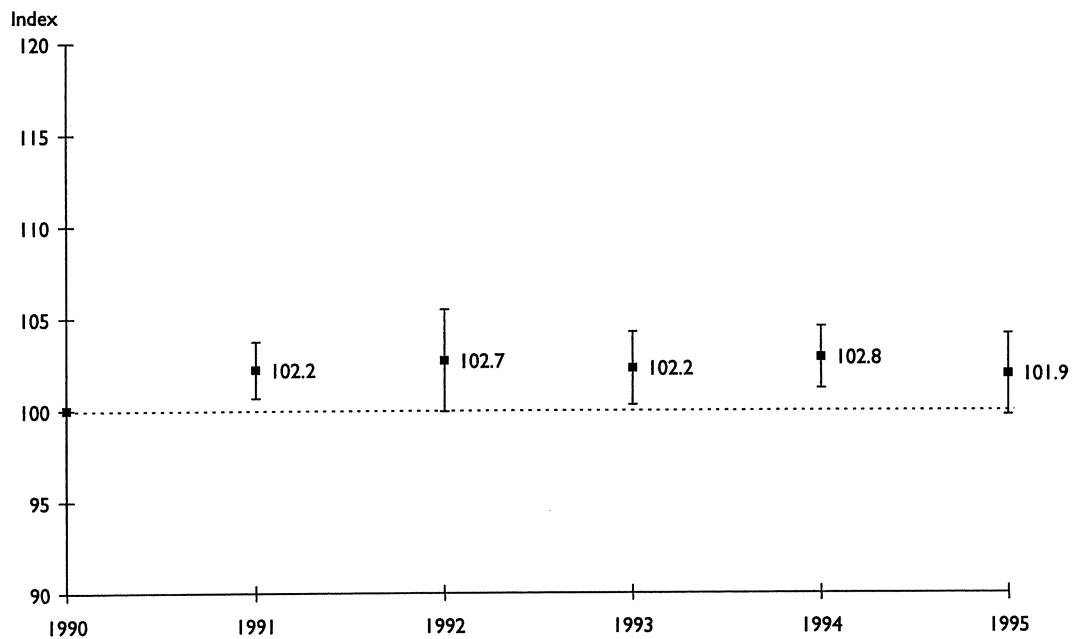
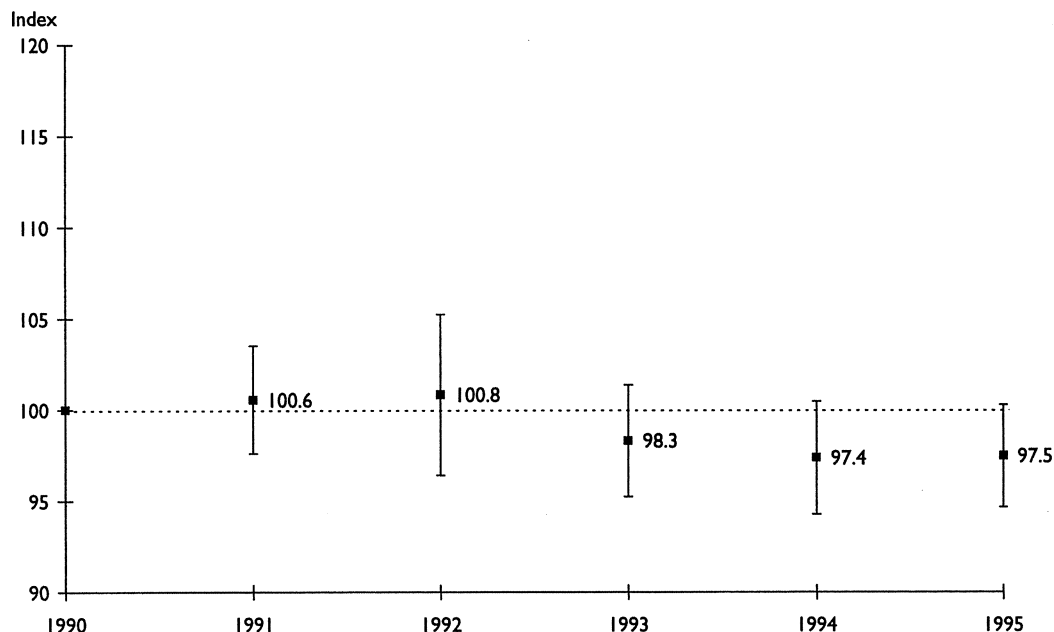
Abbildung 7.6: Verkehrsmengenindex für **Ausserortsstrassen**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Tabelle 7.7: Verkehrsmengenindex für **Innerortsstrassen**, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	8'918	100.0	-	52
1991	8'967	100.6	1.48	58
1992	8'991	100.8	2.21	63
1993	8'766	98.3	1.53	65
1994	8'681	97.4	1.55	70
1995	8'691	97.5	1.40	70

Abbildung 7.7: Verkehrsmengenindex für **Innerortsstrassen**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Die mit 15.0 Indexpunkten Abstand grösste Zunahme ist bei den Autobahnen festzustellen. Für diese wird für die permanenten Zähler des Bundes für die selbe Periode eine Zunahme auf 113.8 ausgewiesen³⁴. Bedeutend geringer ist die Zunahme für Ausserortsstrassen (1.9 Indexpunkte), eine Abnahme resultiert für Innerortsstrassen. Diese Abnahme ist allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, überdeckt doch der von ± 2 Standardfehlern eingeschlossene Bereich den Indexwert 100 in allen betrachteten Jahren. Dies deutet darauf hin, dass die ausgewiesenen Veränderungen nicht von Null verschieden sind. Hingegen sind die beobachteten Zunahmen auf Ausserorts- mehrheitlich und auf Autobahnen immer gesichert. Diese Entwicklun-

³⁴ ASB. Automatische Strassenverkehrszählung 1995. Bern, 1996

gen zeigen deutlich, dass sich der Verkehr immer mehr auf den Hochleistungsstrassen abwickelt. Aufgrund dieser Überlegungen werden die Ergebnisse als plausibel beurteilt.

7.4 Index nach Agglomerationstyp und Funktion und Lage der Strecke

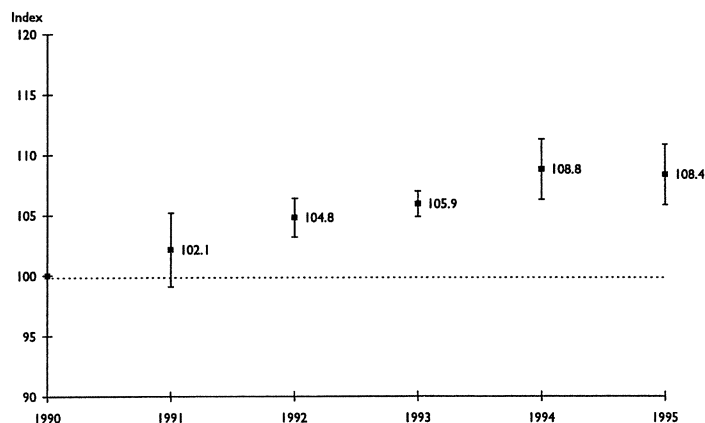
In den Tabellen 7.8 bis 7.10 resp. den Abbildungen 7.8 bis 7.10 (auf den folgenden Seiten) sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes, disaggregiert nach Agglomerationstyp und Funktion und Lage der Strecke, zusammengestellt. Die Indexwerte bestätigen die Ergebnisse der Abschnitte 7.1 bis 7.3. Die Resultate werden als plausibel betrachtet.

Tabelle 7.8: Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten, alle Fahrzeuge (DTV(24))

Merkmals- ausprägung	Jahr	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
Grossstadt/ Autobahnen					
	1990	49'428	100.0	-	7
	1991	50'476	102.1	1.53	8
	1992	51'788	104.8	0.80	10
	1993	52'342	105.9	0.53	11
	1994	53'761	108.8	1.26	11
	1995	53'557	108.4	1.26	11
Grossstadt/ ausserorts					
	1990	-	-	-	2
	1991	-	-	-	2
	1992	-	-	-	2
	1993	-	-	-	2
	1994	-	-	-	2
	1995	-	-	-	2
Grossstadt/ innerorts					
	1990	26'625	100.0	-	12
	1991	26'226	98.5	3.77	12
	1992	26'021	97.7	2.20	13
	1993	25'654	96.4	2.86	12
	1994	25'554	96.0	2.78	12
	1995	25'401	95.4	2.77	12

Abbildung 7.8: Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Autobahnen



Ausserortsstrassen

kein Index berechnet

Innerortsstrassen

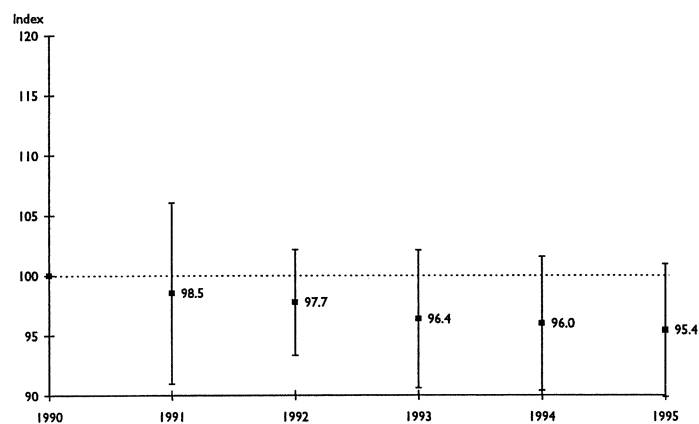
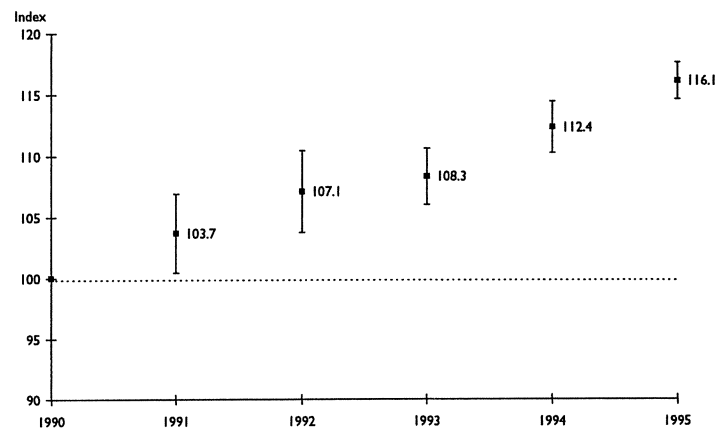


Tabelle 7.9: Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen, alle Fahrzeuge (DTV(24))

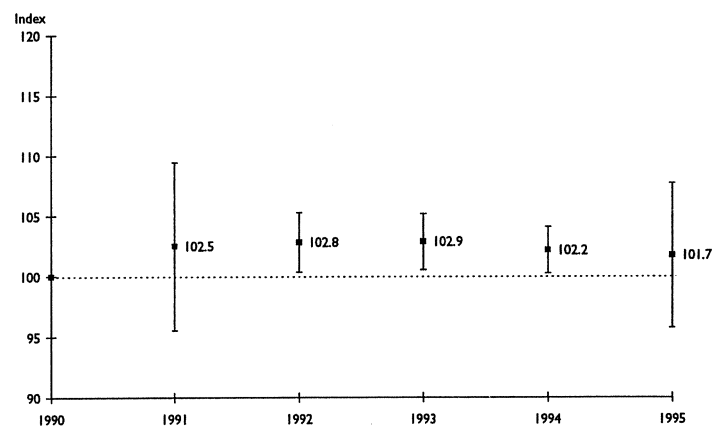
Merkmals- ausprägung	Jahr	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
Agglomeration/ Autobahnen					
	1990	27'228	100.0	-	40
	1991	28'230	103.7	1.62	43
	1992	29'162	107.1	1.67	41
	1993	29'497	108.3	1.15	41
	1994	30'591	112.4	1.05	49
	1995	31'619	116.1	0.75	49
Agglomeration/ ausserorts					
	1990	6'018	100.0	-	48
	1991	6'168	102.5	3.48	60
	1992	6'187	102.8	1.23	71
	1993	6'190	102.9	1.16	70
	1994	6'148	102.2	0.96	73
	1995	6'122	101.7	2.99	73
Agglomeration/ innerorts					
	1990	11'672	100.0	-	30
	1991	11'923	102.2	1.03	34
	1992	12'039	103.1	0.97	35
	1993	11'869	101.7	0.62	36
	1994	11'817	101.2	0.64	40
	1995	11'700	100.2	0.69	40

Abbildung 7.9: Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Autobahnen



Ausserortsstrassen



Innerortsstrassen

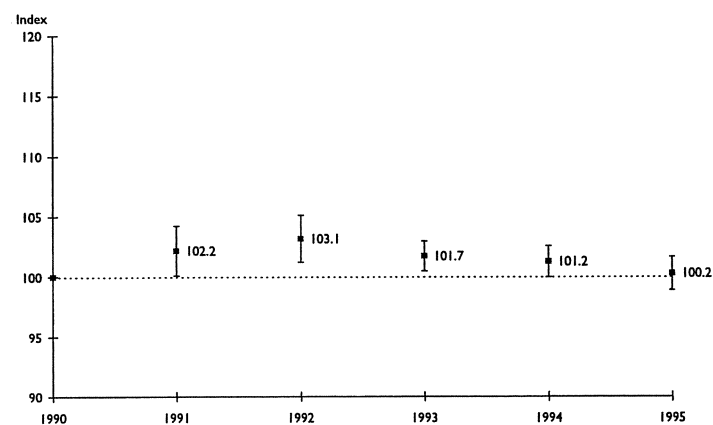
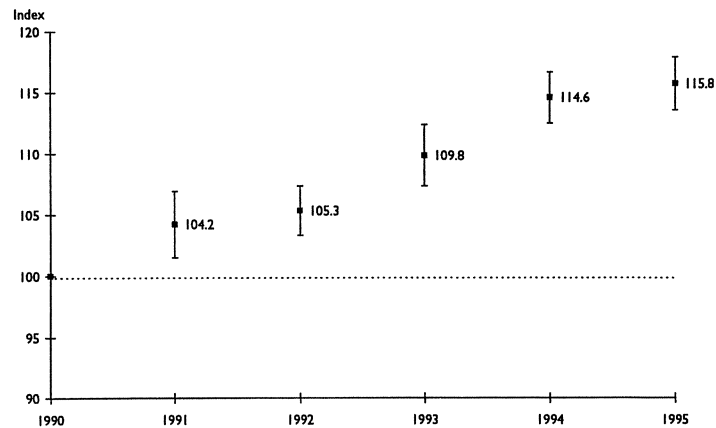


Tabelle 7.10: Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet, alle Fahrzeuge (DTV(24))

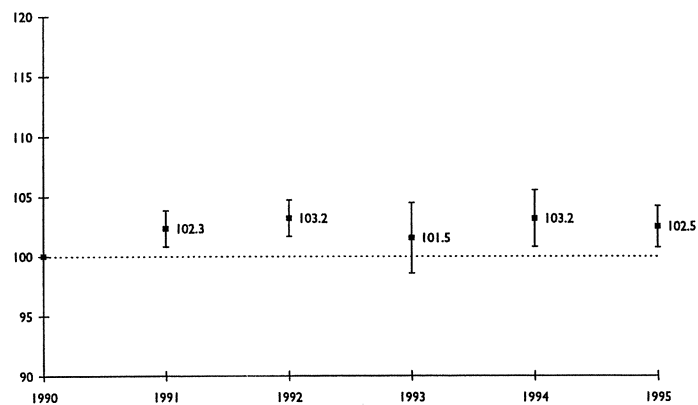
Merkmals- ausprägung	Jahr	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
Übriges Gebiet/ Autobahnen					
	1990	15'791	100.0	-	26
	1991	16'454	104.2	1.36	24
	1992	16'630	105.3	1.01	30
	1993	17'345	109.8	1.26	33
	1994	18'096	114.6	1.05	37
	1995	18'277	115.8	1.09	37
Übriges Gebiet/ ausserorts					
	1990	2'604	100.0	-	63
	1991	2'664	102.3	0.76	76
	1992	2'687	103.2	0.76	87
	1993	2'644	101.5	1.48	89
	1994	2'686	103.2	1.19	96
	1995	2'669	102.5	0.87	96
Übriges Gebiet/ innerorts					
	1990	4'380	100.0	-	10
	1991	4'424	101.0	1.57	12
	1992	4'456	101.7	1.06	15
	1993	4'291	98.0	0.92	17
	1994	4'363	99.6	1.20	18
	1995	4'409	100.7	1.01	18

Abbildung 7.10: Verkehrsmengenindex nach **Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet**, alle Fahrzeuge (DTV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

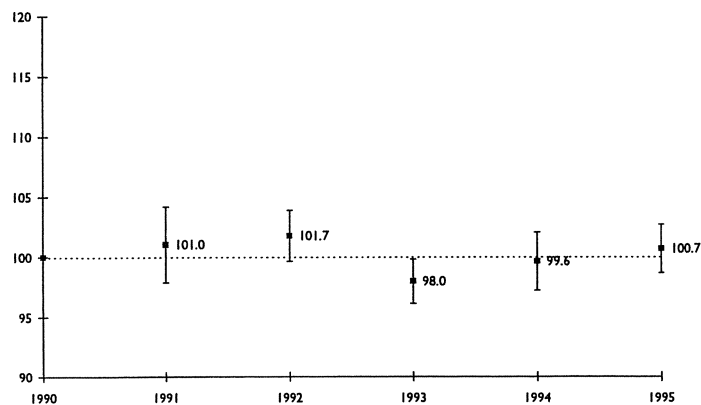
Autobahnen



Ausserortsstrassen



Innerortsstrassen



8 Berechnung der Verkehrsmengenindizes: Summe der Fahrzeuge DWV(24)

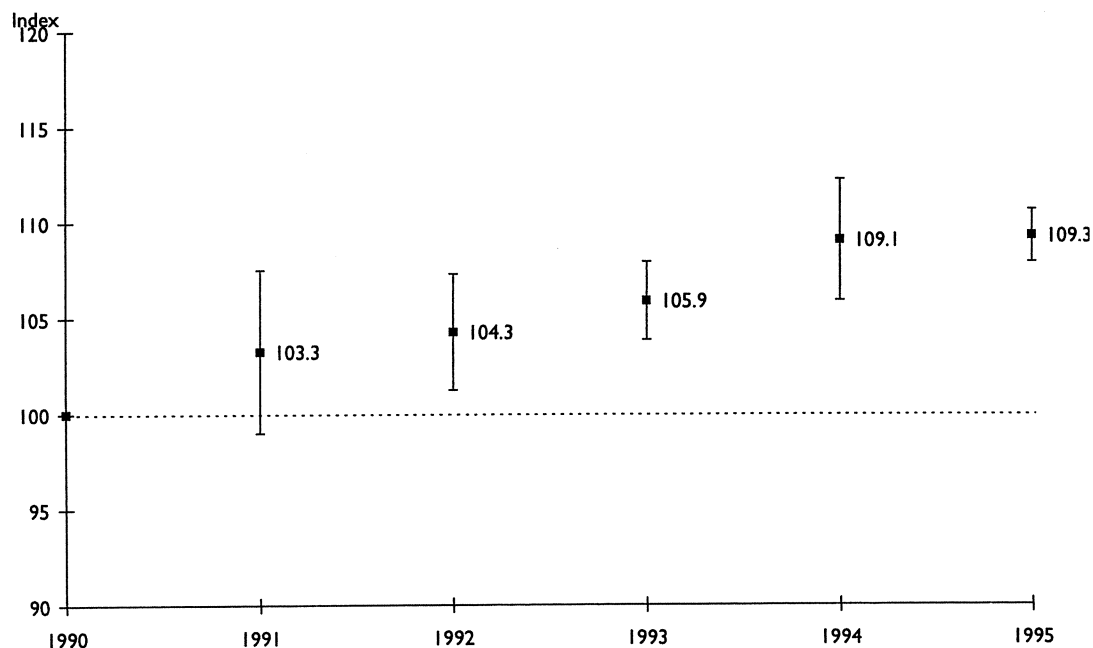
8.1 Index gesamte Schweiz

In Tabelle 8.1 und Abbildung 8.1 sind die Ergebnisse für die Berechnungen des Verkehrsmengenindex für den DWV(24) für die gesamte Schweiz wiedergegeben.

Tabelle 8.1: Verkehrsmengenindex für die **gesamte Schweiz**, alle Fahrzeuge (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	5'863	100.0	-	166
1991	6'054	103.3	2.13	179
1992	6'114	104.3	1.52	208
1993	6'209	105.9	1.02	215
1994	6'395	109.1	1.58	242
1995	6'408	109.3	0.69	242

Abbildung 8.1: Verkehrsmengenindex für die **gesamte Schweiz**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)



8.2 Index nach Agglomerationstyp

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes, disaggregiert nach Agglomerationstyp, wiedergegeben.

*Tabelle 8.2: Verkehrsmengenindex für **Grossstädte**, alle Fahrzeuge (DWV(24))*

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	27'703	100.0	-	19
1991	27'880	100.6	1.45	18
1992	28'731	103.7	2.34	20
1993	28'903	104.3	1.10	20
1994	29'582	106.8	1.35	26
1995	29'496	106.5	1.00	26

*Abbildung 8.2: Verkehrsmengenindex für **Grossstädte**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)*

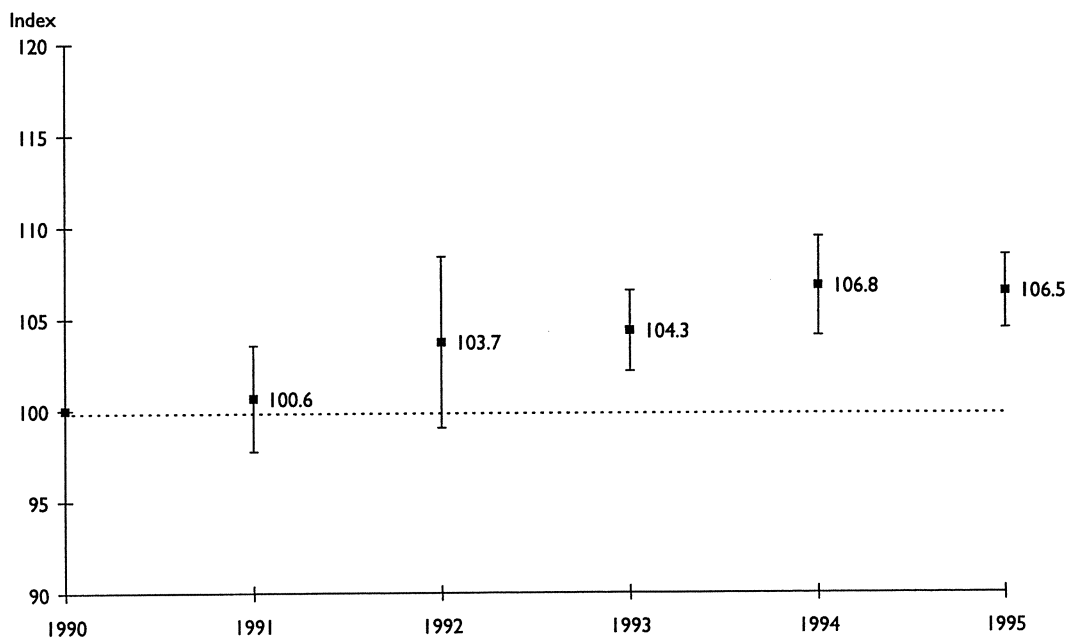


Tabelle 8.3: Verkehrsmengenindex für **Agglomerationen**, alle Fahrzeuge (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	8'427	100.0	-	85
1991	8'681	103.0	3.16	92
1992	8'816	104.6	2.38	100
1993	8'862	105.2	3.09	104
1994	9'124	108.3	2.62	115
1995	9'256	109.8	1.11	115

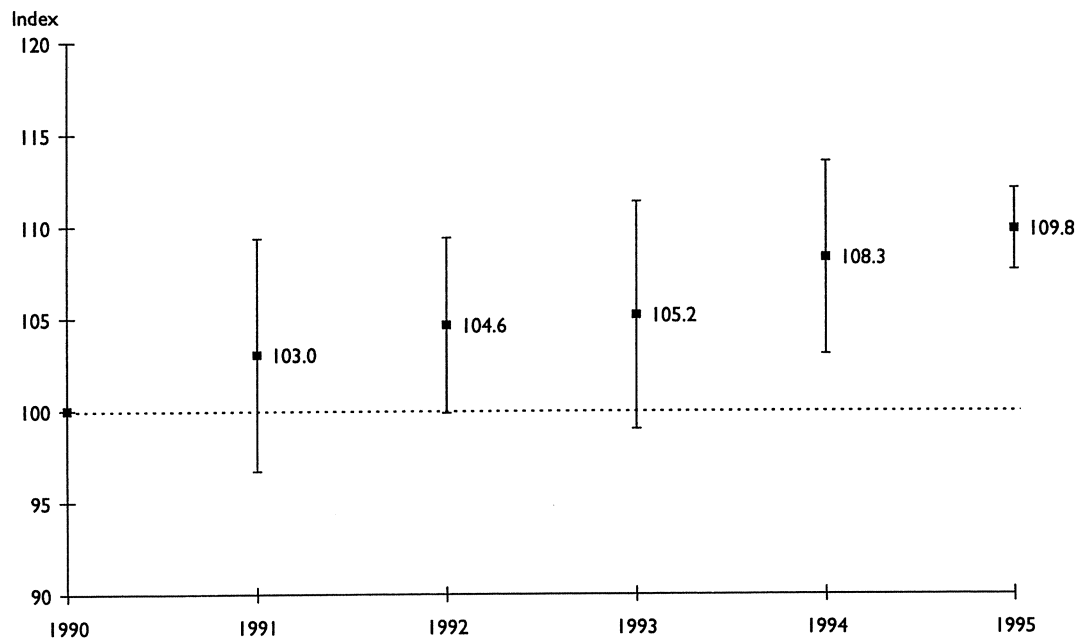
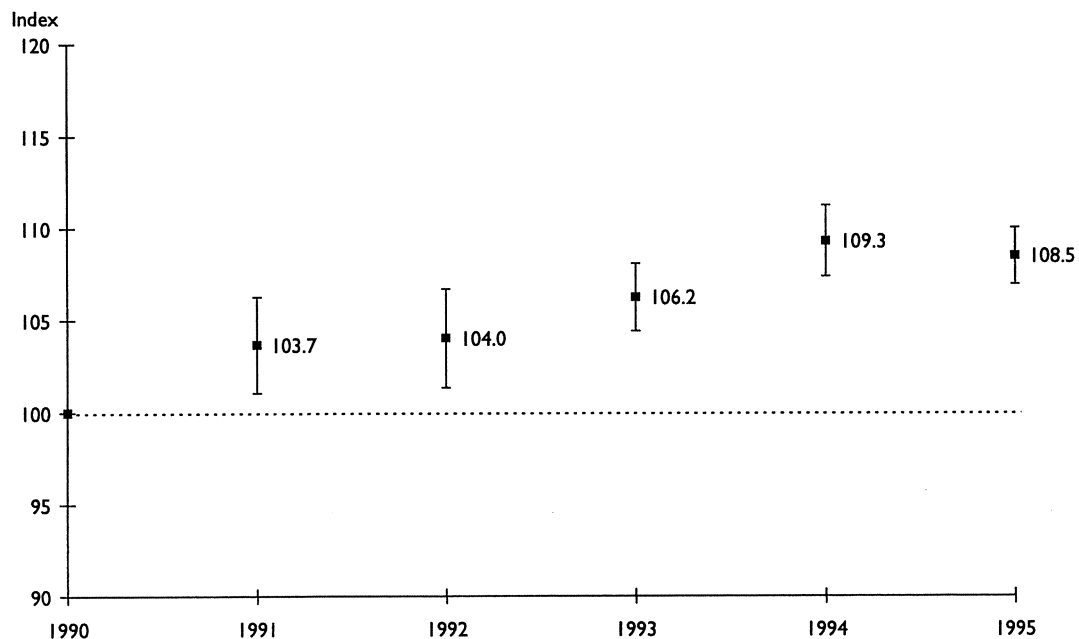
Abbildung 8.3: Verkehrsmengenindex für **Agglomerationen**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Tabelle 8.4: Verkehrsmengenindex für das **übrige Gebiet**, alle Fahrzeuge (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	3'870	100.0	-	62
1991	4'011	103.7	1.30	69
1992	4'025	104.0	1.34	88
1993	4'111	106.2	0.92	91
1994	4'229	109.3	0.97	101
1995	4'197	108.5	0.77	101

Abbildung 8.4: Verkehrsmengenindex für das **übrige Gebiet**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

8.3 Index nach Funktion und Lage der Strecke

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes, disaggregiert nach Funktion und Lage der Strecke, wiedergegeben.

*Tabelle 8.5: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen**, alle Fahrzeuge (DWV(24))*

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	23'533	100.0	-	50
1991	24'484	104.0	1.01	53
1992	24'983	106.2	1.61	62
1993	25'673	109.1	0.69	66
1994	26'558	112.9	1.58	80
1995	27'313	116.1	0.73	80

*Abbildung 8.5: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)*

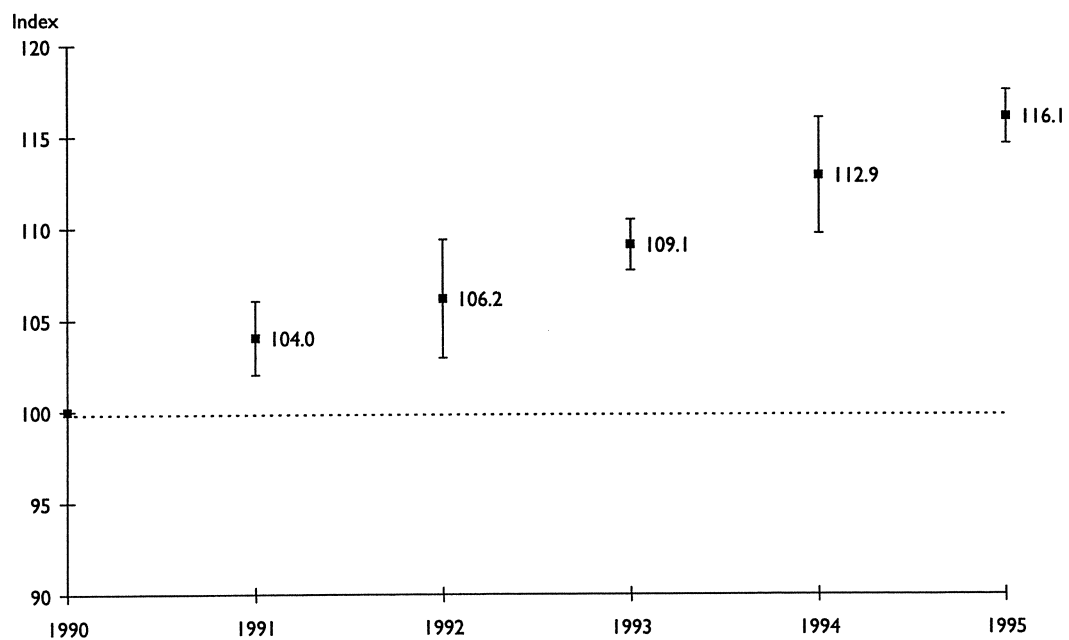


Tabelle 8.6: Verkehrsmengenindex für **Ausserortsstrassen**, alle Fahrzeuge (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	3'587	100.0	-	75
1991	3'694	103.0	0.71	84
1992	3'702	103.2	0.62	106
1993	3'730	104.0	0.71	108
1994	3'806	106.1	1.13	116
1995	3'762	104.9	0.80	116

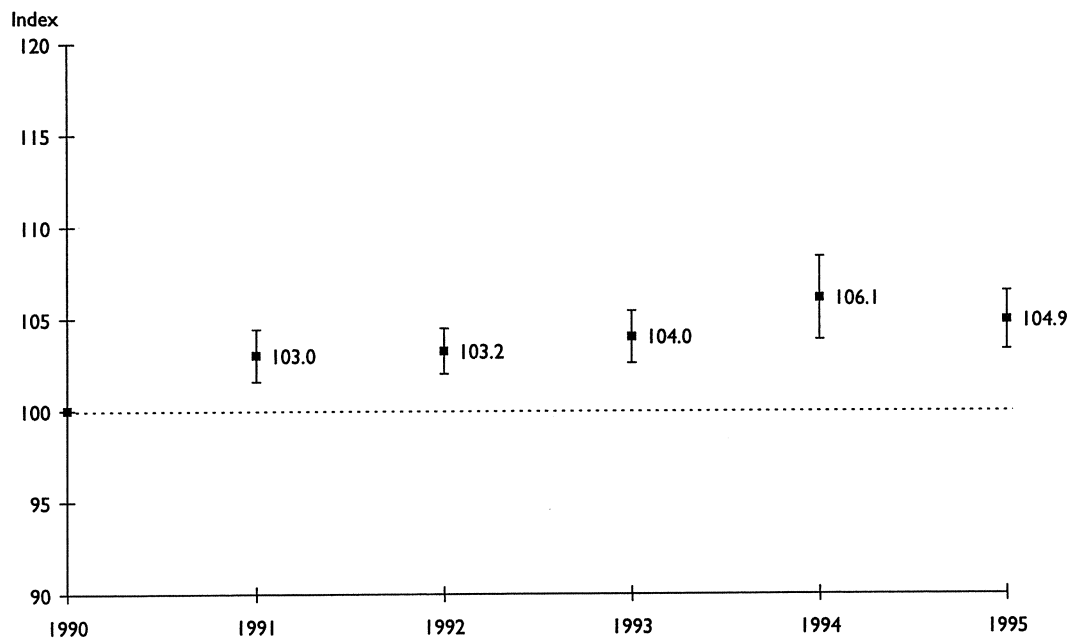
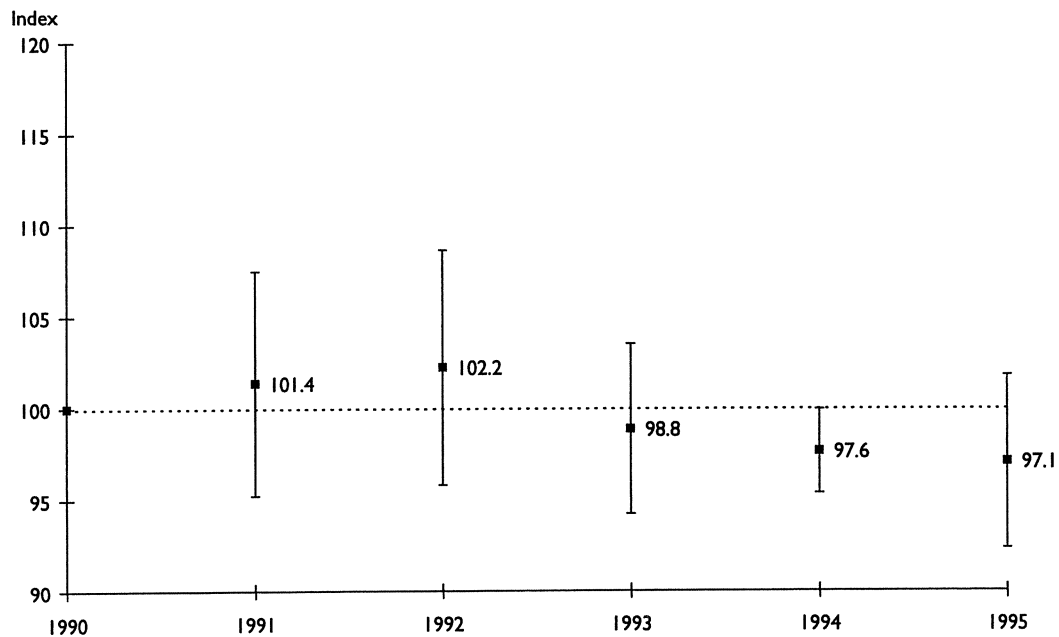
Abbildung 8.6: Verkehrsmengenindex für **Ausserortsstrassen**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

Tabelle 8.7: Verkehrsmengenindex für *Innerortsstrassen*, alle Fahrzeuge (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	8'573	100.0	-	41
1991	8'689	101.4	3.06	42
1992	8'763	102.2	3.20	40
1993	8'473	98.8	2.32	41
1994	8'370	97.6	1.14	46
1995	8'320	97.1	2.36	46

Abbildung 8.7: Verkehrsmengenindex für *Innerortsstrassen*, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

8.4 Index nach Agglomerationstyp und Funktion und Lage der Strecke

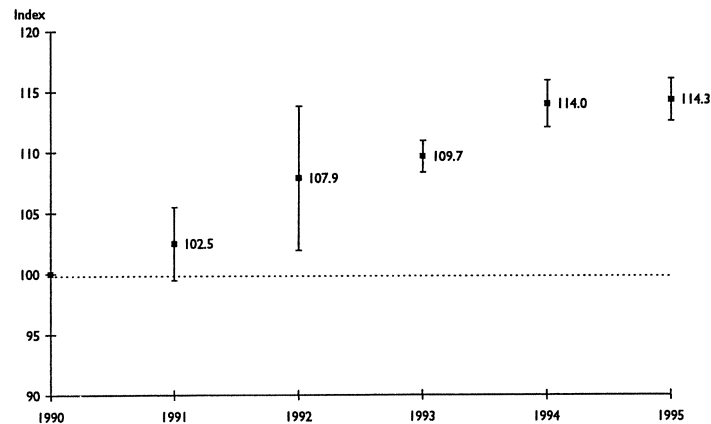
In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes, disaggregiert nach Agglomerationstyp und Funktion und Lage der Strecke, wiedergegeben.

Tabelle 8.8: Verkehrsmengenindex nach *Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten, alle Fahrzeuge (DWV(24))*

Merkmals- ausprägung	Jahr	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
Grossstadt/ Autobahnen	1990	49'354	-	-	5
	1991	50'583	102.5	1.50	5
	1992	53'239	107.9	2.97	8
	1993	54'117	109.7	0.65	8
	1994	56'255	114.0	0.97	10
	1995	56'423	114.3	0.87	10
Grossstadt/ ausserorts	1990	-	-	-	2
	1991	-	-	-	2
	1992	-	-	-	2
	1993	-	-	-	2
	1994	-	-	-	2
	1995	-	-	-	2
Grossstadt/ innerorts	1990	28'277	100.0	-	12
	1991	27'734	98.1	3.09	11
	1992	27'953	98.9	2.08	9
	1993	26'969	95.4	1.21	9
	1994	26'678	94.4	1.43	12
	1995	26'553	93.9	2.58	12

Abbildung 8.8: Verkehrsmengenindex nach **Funktion und Lage der Strecke, in Grossstädten, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)**

Autobahnen



Ausserortsstrassen

kein Index berechnet

Innerortsstrassen

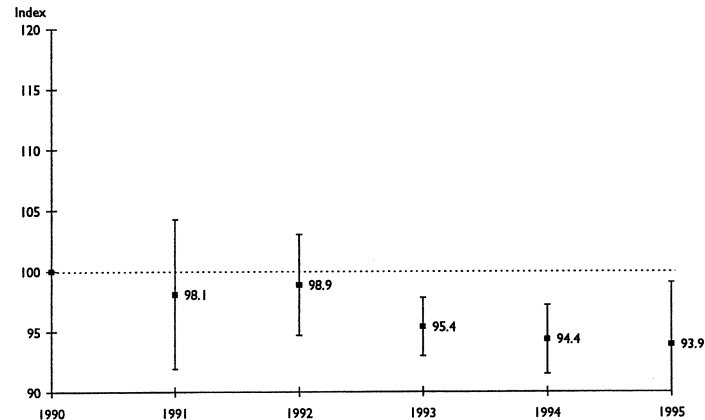
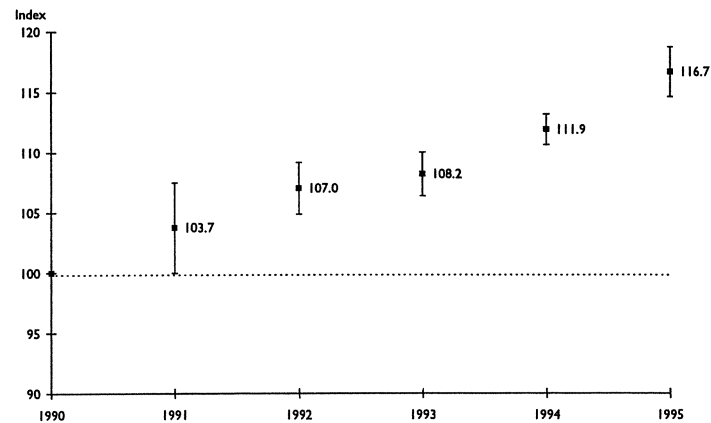


Tabelle 8.9: Verkehrsmengenindex nach **Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen, alle Fahrzeuge (DWV(24))**

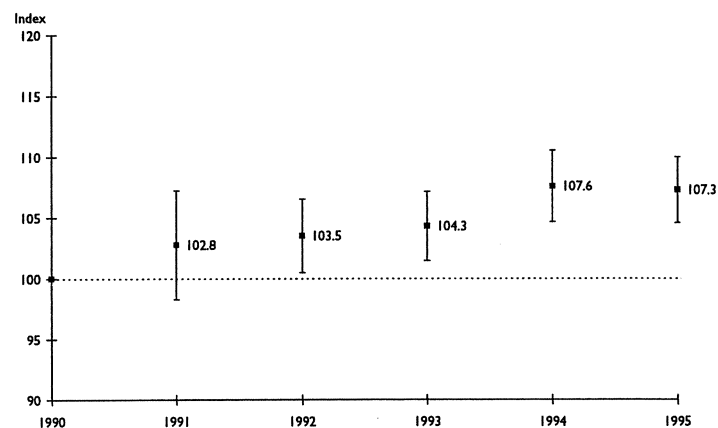
Merkmals- ausprägung	Jahr	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
Agglomeration/ Autobahnen	1990	30'746	100.0	-	28
	1991	31'893	103.7	1.88	30
	1992	32'901	107.0	1.08	29
	1993	33'266	108.2	0.91	30
	1994	34'410	111.9	0.63	37
	1995	35'879	116.7	1.02	37
Agglomeration/ ausserorts	1990	5'877	100.0	-	34
	1991	6'039	102.8	2.24	37
	1992	6'082	103.5	1.51	48
	1993	6'128	104.3	1.42	49
	1994	6'322	107.6	1.47	51
	1995	6'304	107.3	1.36	51
Agglomeration/ innerorts	1990	11'684	100.0	-	23
	1991	12'006	102.8	1.32	25
	1992	12'110	103.6	1.28	23
	1993	11'917	102.0	0.90	25
	1994	11'883	101.7	0.78	27
	1995	11'637	99.6	0.77	27

Abbildung 8.9: Verkehrsmengenindex nach **Funktion und Lage der Strecke, in Agglomerationen, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert $\pm$ 2 Standardfehler)**

Autobahnen



Ausserortsstrassen



Innerortsstrassen

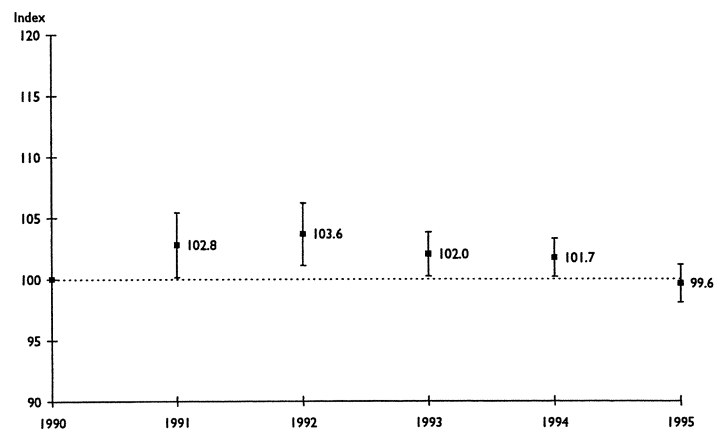
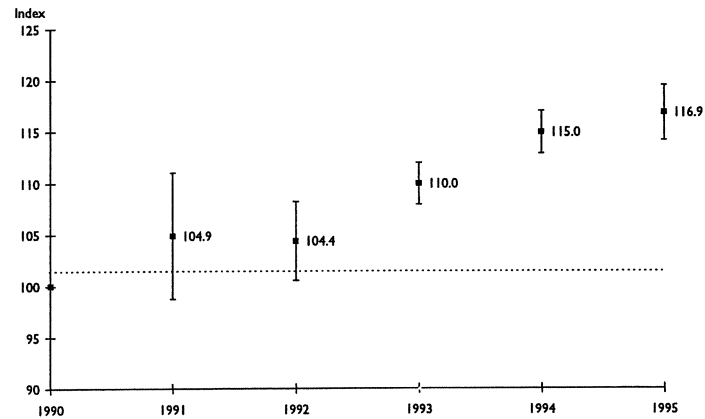


Tabelle 8.10: Verkehrsmengenindex nach Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet, alle Fahrzeuge (DWV(24))

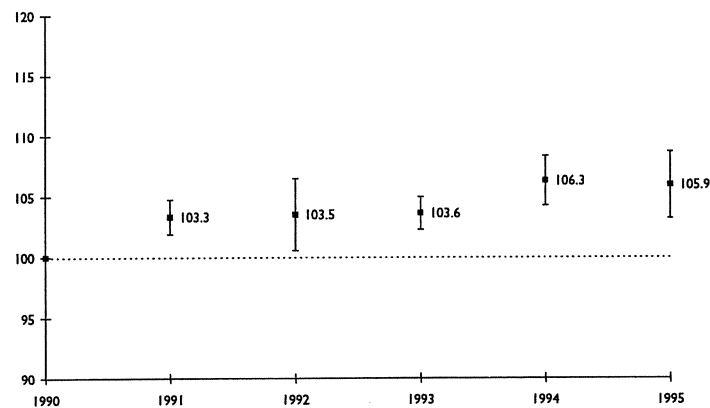
Merkmals- ausprägung	Jahr	Durchschn. Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
Übriges Gebiet/ Autobahnen					
	1990	16'052	100.0	-	17
	1991	16'835	104.9	3.08	18
	1992	16'755	104.4	1.91	25
	1993	17'651	110.0	1.01	28
	1994	18'452	115.0	1.03	33
	1995	18'757	116.9	1.34	33
Übriges Gebiet/ ausserorts					
	1990	2'814	100.0	-	39
	1991	2'907	103.3	0.72	45
	1992	2'912	103.5	1.49	55
	1993	2'916	103.6	0.68	56
	1994	2'991	106.3	1.03	61
	1995	2'981	105.9	1.38	61
Übriges Gebiet/ innerorts					
	1990	4'106	-	-	6
	1991	4'195	102.2	2.95	6
	1992	4'193	102.1	2.99	8
	1993	3'939	95.9	1.43	7
	1994	4'021	97.9	2.34	7
	1995	3'973	96.8	2.14	7

Abbildung 8.10: Verkehrsmengenindex nach **Funktion und Lage der Strecke, im übrigen Gebiet**, alle Fahrzeuge (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

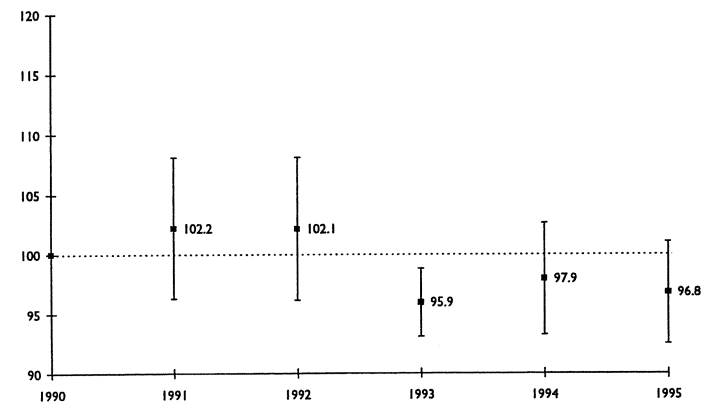
Autobahnen



Ausserortsstrassen



Innerortsstrassen



9 Beurteilung der Ergebnisse und Vorschläge für eine Institutionalisierung

9.1 Beurteilung der Ergebnisse

Anzahl verwendete Zählstellen

Die Indizes wurden nach den Merkmalen „Agglomerationstyp“ mit drei Ausprägungen sowie „Funktion und Lage der Strecke“ ebenfalls mit drei Ausprägungen disaggregiert. Es sind somit 9 Matrixelemente - bzw. 16, wenn die Randtotalen mitgezählt werden - vorhanden. Die Güte der verschiedenen Teilindizes hängt von der Anzahl Zählstellen je Matrixelement ab.

- Beim DTV(24) für alle Fahrzeuge konnten zwischen 238 und 340 Zählstellen verwendet werden. Für jedes Matrixelement sind mindestens 10 Zählstellen vorhanden³⁵. 10 Zählstellen genügen für die Berechnung der durchschnittlichen Belastung und der Indizes³⁶. Eine weitere Disaggregation der Indizes sowie die Einführung von zusätzlichen Merkmalsausprägungen ist jedoch nicht mehr möglich.
- Beim DWV(24) für alle Fahrzeuge konnten zwischen 166 und 242 Zählstellen verwendet werden, je Matrixelement sind mindestens 5 Zählstellen vorhanden. Die Indizes für die Elemente Autobahnen in Grossstädten (1990 fünf Zählstellen) und Innerortsstrassen im übrigen Gebiet (1990 sechs Zählstellen) sind wegen der geringen Anzahl Zählstellen mit Vorsicht zu verwenden.
- Für die Berechnung der Indizes nach Längenklassen konnten 47 Zählstellen verwendet werden. Wegen der geringen Anzahl Zählstellen konnte nur eine Aufteilung nach Autobahnen und Ausserortsstrassen vorgenommen werden.

Zusätzlich installierte Zählstellen

Zwischen 1990 und 1995 haben Bund und Kantone über 100 neue Zählstellen eingerichtet. Mit jeder neuen Zählstelle wird die Datenbasis für die Berechnung der Indizes vergrössert. Leider kann eine zusätzliche Zählstelle die durchschnittliche Belastung im Folgejahr verändern. Mit der Gewichtung nach Belastungsklassen konnte dieser Nachteil zwar abgefedert, jedoch nicht ganz behoben werden.

Eine zusätzliche Zählstelle beeinflusst dabei die durchschnittliche Belastung stärker als den Index. Die durchschnittlichen Belastungen wurden deshalb unter Verwendung des Indexes rollend miteinander verknüpft und auf den Wert von 1990 bezogen. Zusätzlich installierte Zählstellen können somit bei den Indexberechnungen berücksichtigt werden.

Anzahl Belastungsklassen

Die Güte der Ergebnisse wird durch die Anzahl Belastungsklassen beeinflusst. Mit einer feinen Klasseneinteilung kann die Güte erhöht werden. Allerdings setzt die Anzahl verwendbarer Zählstellen der Anzahl Belastungsklassen Grenzen. Beim Index für die ganze Schweiz für den DTV(24) konnten 10 Belastungsklassen unterschieden werden, beim Index für z.B. Autobahnen in Grossstädten nur deren zwei³⁷. Sobald genügend zusätzliche Zählstellen vorliegen, sollten

³⁵ Das Matrixelement Ausserortsstrassen in Grossstädten enthält zwei Zählstellen und wurde deshalb nicht weiter betrachtet.

³⁶ Die Berechnungen wurden für alle Matrixelemente mit mehr als 5 Zählstellen durchgeführt.

³⁷ Die Belastungsklassen müssen den ganzen Streubereich der Modellbelastungen abdecken. Für die ganze Schweiz ist dieser bedeutend grösser als z.B. für die Nationalstrassen in Grossstädten.

deshalb die Belastungsklassen im Rahmen einer Indexrevision überprüft und angepasst werden.

Gewichtung der Zählstellen

Die Zählstellen repräsentieren das schweizerische Strassennetz bekannterweise nicht richtig. Die Repräsentativität muss mit einer Gewichtung hergestellt werden. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden die Gewichtungsfaktoren je Belastungsklasse als Verhältnis der ganzen Netzlänge zur Netzlänge mit Zählstellen berechnet.

Diese Gewichtung führt zu deutlich besseren Ergebnissen bei den durchschnittlichen Belastungen. Für das Basisjahr 1990 beträgt der so gewichtete, mittlere DTV(24) für die ganze Schweiz 5'806 Fahrzeuge. Das rein arithmetische Mittel aller Zählstellen liegt bei 18'310 Fahrzeugen, ein nur mit der Streckenlänge gewichteter DTV(24) ergibt 18'500 Fahrzeuge. Plausibilitätsüberlegungen zeigen, dass der Wert von 5'806 der Realität bedeutend näher kommt als die beiden anderen Zahlen³⁸.

Die Unterschiede zwischen dem mit Hilfe der Belastungsklassen gewichteten Mittelwert und den anderen beiden Werten ist bei den einzelnen Matrixelementen kleiner, da die Belastungen der Strecken eines Elementes bedeutend weniger schwanken.

Die Gewichtung hat auf die Indizes einen viel kleineren Einfluss als auf die durchschnittliche Belastung. Der gewichtete Index für den DTV(24) für die ganze Schweiz beträgt für 1995 106.9, der ungewichtete 108.0.

Bei den Indexberechnungen nach Längenklassen musste auf eine Gewichtung mit der Streckenlänge zurückgegriffen werden.

Verwendung des Bootstrap-Verfahrens

Mit dem Bootstrap-Verfahren wurden die Standardfehler des Indexes berechnet. Obschon die Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens - die Zählungen sind zufällig verteilt - nicht erfüllt war, wurde es verwendet, um eine Aussage über die Genauigkeit der berechneten Indizes zu erhalten. Das Ergebnis der Indexberechnungen wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Fazit

- Die verwendeten Zählstellen erlaubten für den DTV - für alle Fahrzeuge - die Berechnung von Teilindizes für das übergeordnete Netz (National- und Kantonsstrassen) für die Merkmale „Agglomerationstyp“ sowie „Funktion und Lage der Strecke“. Diese Indizes können als Hilfsmittel für einfache Abschätzungen der Verkehrszunahme verwendet werden.
- Die analogen Teilindizes für den DWV sind teilweise mit Vorsicht anzuwenden.
- Indizes für Fahrzeuge nach Längenklassen konnten nur für Autobahnen und Ausserortsstrassen berechnet werden. Auf eine Institutionalisierung der Indexberechnung für Längenklassen sollte verzichtet werden.
- Zusätzliche Zählstellen können dank der Berechnung der Gewichtungsfaktoren je Belastungsklasse und der rollenden Verknüpfung in die Berechnungen einfließen.

³⁸ Die durchschnittliche Modellbelastung des Dienstes GVF (pro Netzkilometer) beträgt etwas mehr als 5'000 Fahrzeuge.

- Die verwendete Methode (Gewichtung je Belastungsklasse) verbessert die durchschnittliche Belastung eindeutig. Auf den Index hat sie einen kleineren Einfluss.
- Die Anzahl Belastungsklassen liegt für Teilindizes z.T. an der unteren Grenze. Sie sollte deshalb, bei einer Indexrevision und wenn genügend zusätzliche Zählstellen vorliegen, überprüft und angepasst werden.

9.2 Notwendigkeit einer Institutionalisierung

Das Ziel der Forschungsarbeit, mit den Entwicklungsindizes ein Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, mit welchem einfache Abschätzungen der Verkehrszunahme an einem spezifischen Ort bzw. in einem spezifischen Gebiet gemacht werden können, wurde erreicht³⁹.

Im Rahmen der Arbeit wurden Entwicklungsindizes für den DTV und den DWV differenziert nach Agglomerationstyp sowie Funktion und Lage der Strecke für den schweizerischen Strassenverkehr für die Jahre 1991 bis 1995 bezogen auf das Basisjahr 1990 berechnet. Damit sind die Grundlagen für eine Institutionalisierung der Verkehrsmengenindizes analog dem Vorbild „Landesindex der Konsumentenpreise geschaffen. Eine solche Institutionalisierung ist notwendig, denn die Anwenderkreise sind an jährlich fortgeschriebenen Indizes interessiert.

9.3 Institutionalisierung

Grundsätzlich können bei der Institutionalisierung zwei Haupt-Arbeitsabläufe unterschieden werden:

- Die jährliche Fortschreibung
- Eine Revision des Indexes

Bevor auf diese beiden Arbeitsabläufe näher eingegangen wird, wird der Ablauf der Berechnungen kurz dargestellt (vgl. Abbildung 9.1). Input für die Berechnungen sind einerseits die Verkehrszählungen von Bund und Kantonen, die für das Basisjahr 1990 und die Folgejahre 1991 bis 1995 in einer Access-Datenbank abgelegt sind. Der zweite Input ist ein gesamtschweizerisches Verkehrsmodell⁴⁰.

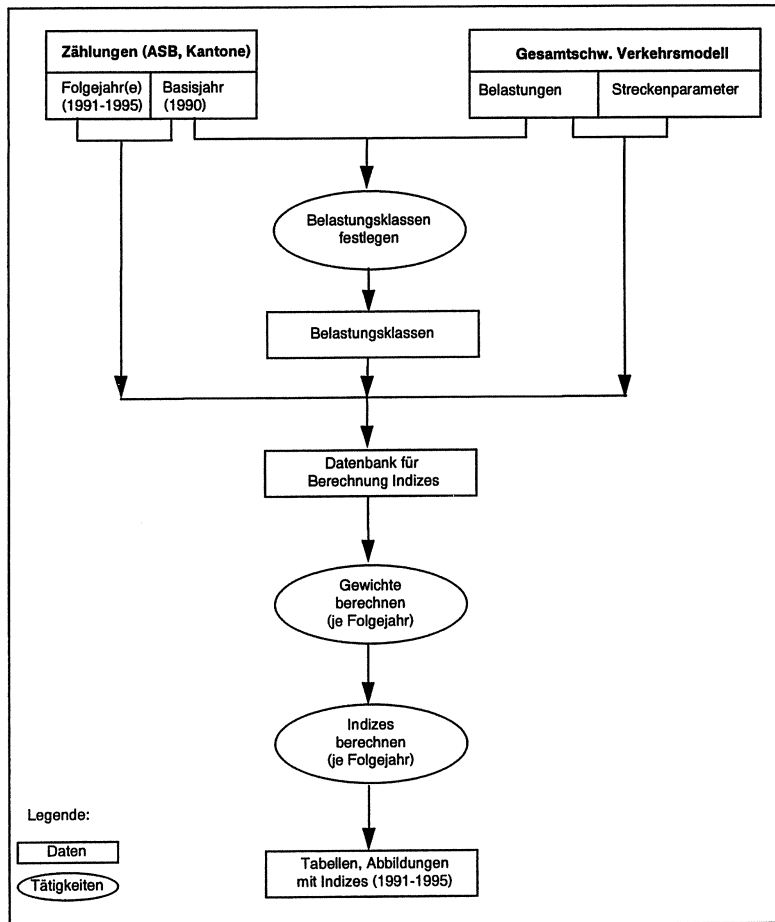
Folgende Arbeitsschritte sind für die Berechnungen notwendig:

- Im ersten Arbeitsschritt werden manuell mit EDV-Unterstützung je Disaggregationselement die Belastungsklassen für das Basisjahr festgelegt. In diese Berechnungen fließen die Modellbelastungen und die Anzahl Zählstellen ein. Die Belastungsklassen bleiben anschliessend für alle Folgejahre fest.
- Im zweiten Arbeitsschritt werden die Zählungen, die Belastungen und die Streckenparameter des Verkehrsmodells sowie die Belastungsklassen in einer Basisdatenbank für die Berechnung der Indizes abgelegt.
- Im dritten Arbeitsschritt werden für jedes Folgejahr die Gewichte sowie die durchschnittlichen Belastungen und die Indizes berechnet. Als Ergebnis liegen Tabellen und Abbildungen mit den Indizes von 1991 bis 1995 vor.

³⁹ Die Entwicklungsindizes sind ein Instrument für einfache Abschätzungen für das übergeordnete Netz..

⁴⁰ Für die Berechnungen der Pilotjahre wurde eine Berechnung des Dienstes GVF verwendet.

Abbildung 9.1: Berechnungsablauf



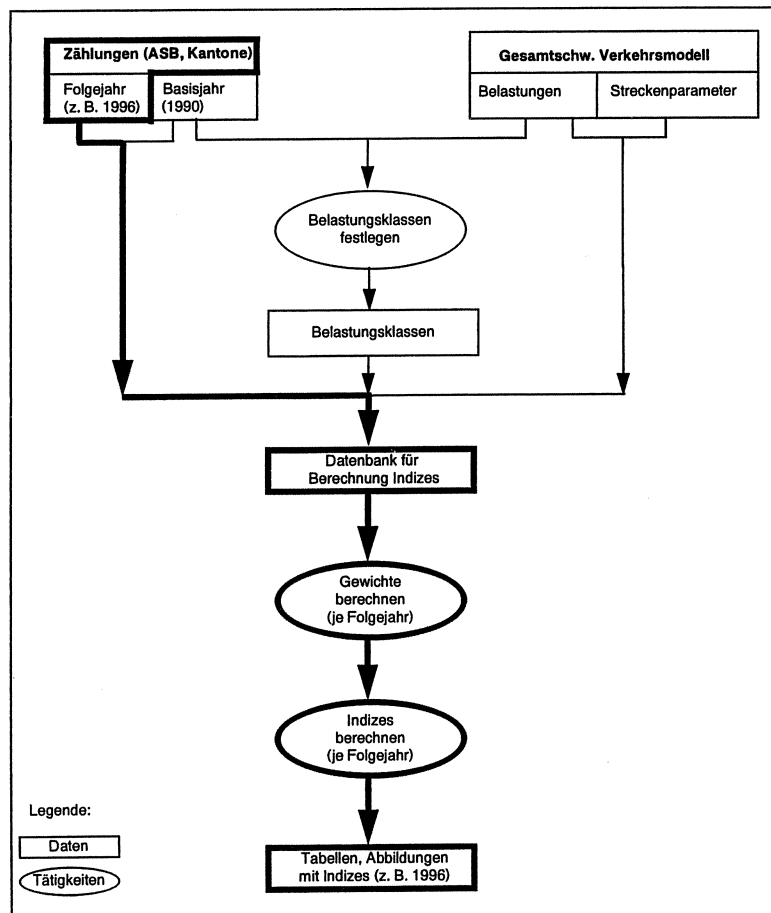
Jährliche Fortschreibung

Der Ablauf der jährlichen Fortschreibung ist in Abbildung 9.2 dargestellt. Folgende Tätigkeiten sind durchzuführen:

- Die Zählungen des neu einzufügenden Folgejahres werden gesammelt (ASB, Kantone etc.). Die gezählten Querschnittsbelastungen für bestehende Zählstellen, die bereits in der Access-Datenbank enthalten sind, werden in diese aufgenommen. Neue Zählstellen werden als neue Datensätze in die Datenbank eingefügt.
- Die Basisdatenbank für die Berechnung der Indizes wird entsprechend aktualisiert.
- Die Gewichte und die Indizes werden für das Folgejahr berechnet.

Die notwendigen Programme und Datenbanken sind bei der Forschungsstelle vorhanden. Sie könnten z.B. bei einer Bundesstelle installiert werden. Die jährliche Fortschreibung könnte somit von dieser Bundesstelle jeweils im Frühling durchgeführt, und die Ergebnisse in einem kurzen Bericht publiziert werden.

Abbildung 9.2: Ablauf der jährlichen Fortschreibung

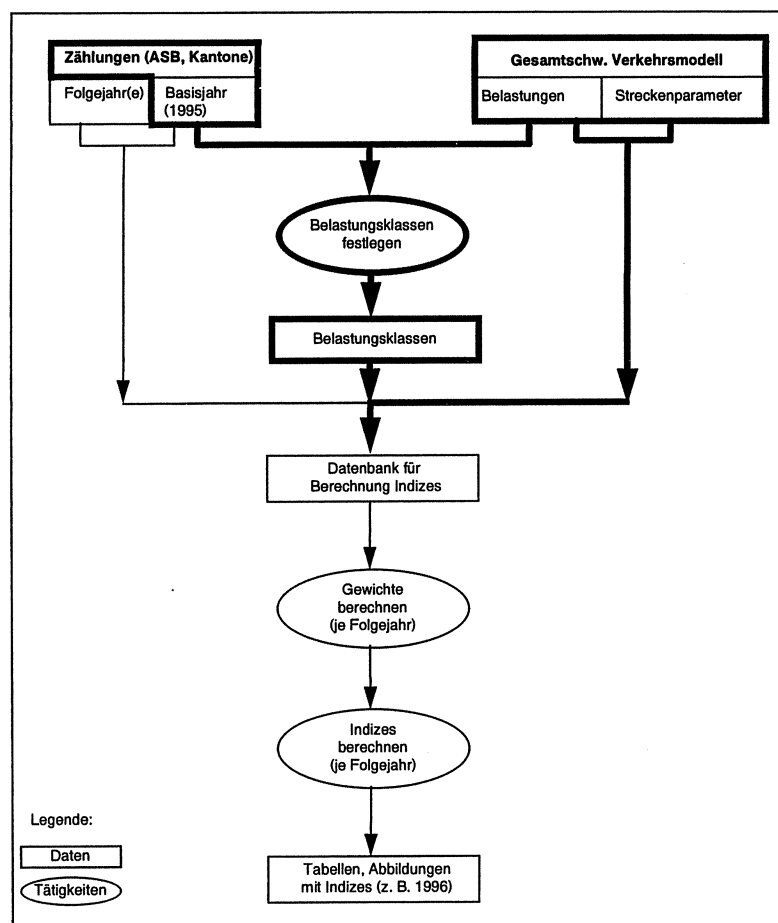


Indexrevisionen

Indexreihen sind aufgrund des sich verändernden Gewichtungsschemas von Zeit zu Zeit zu revidieren, d.h. auf eine neue Basis zu stellen. Die Gewichtungsfaktoren für die Berechnung der Entwicklungsindizes werden von den Modellbelastungen des Verkehrsmodells und allfälligen Netzänderungen beeinflusst. Eine Revision des Gewichtungsschemas sollte in Abständen von ca. 5 Jahren ins Auge gefasst werden. Bei dieser Revision können gleichzeitig Netzänderungen berücksichtigt werden.

Der Ablauf einer solchen Indexrevision ist in Abbildung 9.3 dargestellt. Folgende Tätigkeiten

Abbildung 9.3: Ablauf einer Indexrevision (z. B. für 1995)



sind durchzuführen:

- Die aktualisierten Belastungen und die aktualisierten Streckenparameter des gesamtschweizerischen Verkehrsmodells werden übernommen.
- Es wird ein neues Basisjahr festgelegt. Diese muss gleich sein wie das Bezugsjahr des Verkehrsmodells. Die Belastungsklassen je Disaggregationselement werden manuell mit EDV-Unterstützung neu festgelegt. Bei dieser Gelegenheit kann auch eine weitere Disaggregation des Indexes untersucht werden.
- Die aktualisierten Belastungen, die aktualisierten Streckenparameter und die neuen Belastungsklassen werden in die Basisdatenbank für die Berechnung der Indizes abgelegt.

Eine Indexrevision erfordert die genaue Kenntnis der Berechnungsabläufe und Erfahrung. Die notwendigen Arbeiten werden deshalb mit Vorteil - v.a. wenn auch eine weitere Disaggregation des Indexes untersucht werden soll - im Rahmen eines Forschungsauftrags ausgeschrieben.

Literaturverzeichnis

- Allen, Roy G. D.. Index Numbers in Theory and Practice. London, 1975.
- ASB. Automatische Strassenverkehrszählung 1994. Bern, 1995.
- Balastèr, Peter. Konsumentenpreisindizes - Theorie und praktische Berechnung. Berner Beiträge zur Nationalökonomie, Band 61. Bern, 1990.
- Bohley, Peter. Statistik - Ein Lehrbuch für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler. München, 1985.
- Bundesamt für Statistik. Der öffentliche Verkehr 1994. Bern, 1996.
- Bundesamt für Statistik. Schweizerische Verkehrsstatistik 1993. Bern, 1995.
- Bundesamt für Statistik. Die Revision des Landesindex der Konsumentenpreise - Konzept für einen neuen Landesindex. Bern, 1993.
- Bundesamt für Statistik. Die Revision des Landesindex der Konsumentenpreise - Grobkonzept. Bern, 1990.
- Bundesanstalt für Strassenwesen. Strassenverkehrszählung 1993 - Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Strassenverkehrszählung 1993 - Ergebnisse für die Bundesfernstrassen. Strassenverkehrszählung 1993 - Jahresfahrleistungen und mittlere DTV-Werte. Schriftenreihe „Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen“, Unterreihe „Verkehrstechnik“. Bergisch Gladbach, 1995.
- Bundesanstalt für Strassenwesen. Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstrassen 3. Quartal 1995. Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Strassenwesen 12/96. Bergisch Gladbach, 1996.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten. Automatische Strassenverkehrszählung 1996. Wien, 1997.
- BUWAL (Hrsg.). Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1950-2010. Schriftenreihe Umwelt Nr.255, Luft. Bern, 1995.
- EDI, ASB. Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs. SVI-Forschungsarbeit 36/80. Zürich, 1981.
- Dietrich, Karl, Martin Rotach und Erich Boppart. Strassenprojektierung. Zürich, 1993.
- Efron, Bradley, und Robert J. Tibishirani. An Introduction to the Bootstrap. Monographs on Statistics and Applied Probability 57. Chapman & Hall. New York, London, 1993.
- EVED, ASB und TBA Kt. AG. STRADA-DB - Voranalyse für die Pilotapplikation Verkehrsdaten. Baden, 1994.
- EVED, ASB und TBA Kt. AG. Strassendatenbank STRADA-DB, Pilotapplikation Verkehrsdaten - Bericht der Konzeptphase. 1995.

- EVED, ASB und TBA Kt. AG. Strassendatenbank STRADA-DB, Pilotapplikation Verkehrsdaten - Kurzbericht der Konzeptphase. 1995.
- EVED, ASB und TBA Kt. AG. Strassendatenbank STRADA-DB, Pilotapplikation Verkehrsdaten - Detailspezifikation. 1996
- EVED, GVF. Fahrleistungen des privaten Strassennverkehrs 1990-2015. GVF-Bericht 3/95. Bern, 1995.
- EVED, Stab GVF. Neucodierung Strassennetz. Bern, 1984.
- Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. Hinweise zur Schätzung von Verkehrsbeziehungen mit Hilfe von Querschnittszählungen. Köln, 1995.
- Meinlschmidt, Gerhard. Statistische Methoden zur Berechnung von Preisniveauindizes integrierter Wirtschaftsräume. Angewandte Statistik und Ökonomie, Heft 28. Göttingen, 1985.
- Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus automatischen Dauerzählungen an Freien Strecken der Strassen des überörtlichen Verkehrs in NRW. Quartalsbericht IV./95. Aachen, 1997.
- SBB. HOP - Hochrechnung der Erlöse im Personenverkehr, Version 3.0a II. Bern, 1995.
- Spiegel, Murray R.. Statistik. Hamburg, 1983.
- Spiess, H.. A Gradient Approach for the O-D Matrix Adjustment Problem. CRT - 693. Montreal.
- Stahel, Werner. Einführung in die statistische Datenanalyse. Vorlesungsskript ETHZ, SS94. Zürich, 1994.
- Widmer, Paul. Vereinfachte Methode zur raschen Schätzung von Verkehrsbeziehungen. Forschung im Strassenwesen der Schweiz Nr. 176. Steckborn, 1989

Anhang

A1 Überblick zur Indextheorie¹

A1.1 Zweck von Indexzahlen

Indexzahlen sind ein Spezialfall der Verhältniszahlen. Es gibt drei Arten von statistischen Verhältniszahlen:

- **Gliederungszahlen:** Eine Teilgrösse wird zu einer Gesamtgrösse in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis ist eine Anteilsangabe (z.B. Anteil der Personenwagen an einer Querschnittsbelastung).
- **Beziehungszahlen:** Zwei wesensverschiedene, aber in sinnvollem Zusammenhang stehende Grössen werden in Beziehung gesetzt (z.B. Fahrleistung je Kanton).
- **Indexzahlen:** Zwei inhaltlich gleichartige, sich auf verschiedene Zeitpunkte, geografische Orte oder Gruppen beziehende Grössen werden in Beziehung gesetzt (z.B. Querschnittsbelastung 1995 zu Querschnittsbelastung 1996).

Der Zweck eines Indexes bzw. einer Indexreihe ist es, eine meist sich in der Zeit vollziehende Entwicklung im Verhältnis zu einem Basiszeitpunkt, in welchem der Index =100 ist, darzustellen. Eine Indexreihe ist dabei eine Kurzcharakteristik einer durchschnittlichen Entwicklung; sie fasst in der Regel eine Vielzahl von Einzelentwicklungen in eine einzige Zahlenreihe zusammen.

A1.2 Arten von Indexzahlen

Elementarindizes

Der einfachste Fall eines Indexes liegt vor, wenn die Entwicklung einer einzigen Grösse g (z.B. Verkehrsbelastung eines Querschnitts) im Zeitablauf dargestellt wird.

$$E_0^t = \frac{g_t}{g_0} \quad (F\ 1)$$

E_t^0 : Elementarindex in der Periode t zur Basis 0

g_t : Wert der Grösse g in der Periode t

g_0 : Wert der Grösse g in der Periode 0

Solche Elementarindizes werden auch als Messziffern bezeichnet. Elementarindizes kommt eine Bedeutung als Baustein für die unten beschriebenen gewogenen Indizes zu.

¹ Ein Überblick zur Indextheorie findet sich etwa in: Spiegel, M., R.. Statistik. Hamburg, 1983

Ungewogene Indizes

Ein Elementarindex zeigt stets nur die Entwicklung einer bestimmten Grösse. Mit der Verwendung von Elementarindizes wäre es jedoch schwierig, sich beispielsweise einen Überblick über die mengenmässige Entwicklung des Verkehrs zu machen. Alle Messziffern müssten einander gegenübergestellt werden, wodurch aber die Übersichtlichkeit zu kurz käme. Es besteht deshalb die Notwendigkeit, eine Zahl zu finden, die zusammenfasst, eine durchschnittliche Entwicklung aufzeigt.

Am scheinbar einfachsten wäre es, einen ungewogenen Index nach folgendem Muster zu bilden:

$$U_0^t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{g_t^i}{g_0^i} \right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_0^{t,i} \quad (F\ 2)$$

U_0^t : Ungewichteter Index in der Periode t zur Basis 0

g_t^i : Wert der Grösse i in der Periode t

g_0^i : Wert der Grösse i in der Periode 0

$E_0^{t,i}$: Elementarindex E der Grösse i in der Periode t zur Basis 0

Eine derartige Zusammenfassung hat den Nachteil, dass allen in den Index eingehenden Grössen die gleiche Bedeutung beigemessen wird, d.h. die zeitliche Entwicklung jeder Grösse ist gleichbedeutend.

Gewogene Indizes

Der Nachteil, dass jeder in den Index eingehenden Grösse die gleiche Bedeutung zugemessen wird, kann durch eine Gewichtung derselben behoben werden. Die in der Praxis vorzufindenden gewogenen Indizes gehören fast alle zu einem der folgenden drei Typen:

- Laspeyres-Index
- Paasche-Index
- Fisher-Index

Indizes kommen selten in einer der nachfolgend dargestellten "reinen" Form vor. Die allermeisten sind dabei vom Laspeyres-Typ bzw. einer Abwandlung desselben.

Laspeyres-Index

Durch einen Laspeyres-Index will man die Entwicklung einer Grösse eines zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Vergangenheit festgestellten Gewichtungsschemas darstellen (Vergangenheitsgewichtung).

$$LI_0^t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{g_t^i}{g_0^i} \cdot w_0^i}{\sum_{i=1}^n w_0^i} \quad (F 3)$$

LI_0^t : Laspeyres-Index im Zeitpunkt t zur Basis 0

g_t^i : Wert der Grösse i in der Periode t

g_0^i : Wert der Grösse i in der Periode 0

w_0^i : Gewicht der Grösse i in der Basisperiode 0

Durch das Festhalten an einem einmal ermittelten Gewichtungsschema wird die "reine" Veränderung der Grösse zum Ausdruck gebracht.

Paasche Index

Im Gegensatz zum Laspeyres-Index wird bei einem Index nach Paasche ein aktuelles Gewichtungsschema konstant gehalten (Gegenwartsgewichtung).

$$PI_0^t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{g_t^i}{g_0^i} \cdot w_t^i}{\sum_{i=1}^n w_t^i} \quad (F 4)$$

PI_0^t : Paasche-Index im Zeitpunkt t zur Basis 0

g_t^i : Wert der Grösse i in der Periode t

g_0^i : Wert der Grösse i in der Periode 0

w_t^i : Gewicht der Grösse i in der Periode t

Währenddem ein Laspeyres-Index nach einigen Jahren auf einem wahrscheinlich veralteten Gewichtungsschema aufgebaut ist, baut der Paasche-Index auf einem für die Vergangenheit fiktiven Gewichtungsschema auf.

Fisher-Index

Der Fisher-Index berechnet sich als geometrisches Mittel des Laspeyres- und des Paasche-Index.

$$FI_0^t = \sqrt{LI_0^t + PI_0^t} \quad (F\ 5)$$

FI_0^t : Fischer-Index im Zeitpunkt t zur Basis 0

LI_0^t : Laspeyres-Index im Zeitpunkt t zur Basis 0

PI_0^t : Paasche-Index im Zeitpunkt t zur Basis 0

Durch diese Mittelung wird die tendenzielle Überschätzung einer Entwicklung des Laspeyres-Index und die tendenzielle Unterschätzung einer Entwicklung des Paasche-Index ausgeglichen.

A1.3 Wünschbare Indexeigenschaften

Identitätseigenschaft

Wird die Basisperiode mit sich selbst verglichen, so soll der Index den Wert 1 annehmen.

$$I_t^t = 1 \quad (F\ 6)$$

I_t^t : Index in der Periode t zur Basisperiode t

Die oben besprochenen Indizes besitzen diese Eigenschaft.

Proportionalitätseigenschaft

Falls sich alle Grössen um einen konstanten Faktor λ verändern, so soll der Index diesen Faktor widerspiegeln.

$$I_0^t = \lambda \quad (F\ 7)$$

I_0^t : Index in der Periode t zur Basisperiode 0

λ : konstanter Faktor

Sowohl die ungewogenen als auch die gewogenen Indizes besitzen die Proportionalitätseigenschaft.

Einheitenvarianzeigenschaft

Der Index soll invariant gegenüber Änderungen in der physischen Masseinheit sein.

Wird der Index durch das Summieren von relativen Werten gebildet, ist diese Eigenschaft erfüllt.

(Zeit-)Umkehreigenschaft

Das Erfüllen der Zeitumkehreigenschaft bedeutet, dass die Entwicklung der Grösse von der Basisperiode 0 zur Periode t dem reziproken Verhältnis der Entwicklung der Grösse von der Periode t zur Basisperiode 0 ist.

$$I_0^t = \frac{1}{I_t^0} \quad (F\ 8)$$

I_0^t : Index in der Periode t zur Basisperiode 0

I_t^0 : Index in der Periode 0 zur Basisperiode t

Diese Eigenschaft ist vor allem für Indizes erwünscht, welche nichtzeitliche, also z.B. geographische Vergleiche herstellen. Elementarindizes besitzen diese Eigenschaft stets. Im Gegensatz zum Fisher-Index besitzen der Laspeyres- und der Paasche-Index die Umkehreigenschaft nicht.

Zirkularitätseigenschaft

Ein Index besitzt die Zirkularitätseigenschaft, wenn er die folgende Bedingung erfüllt:

$$I_t^{t+1} \cdot I_{t+1}^{t+2} = I_t^{t+2} \quad (F\ 9)$$

I_t^{t+1} : Index in der Periode $t+1$ zur Basisperiode 0

I_{t+1}^{t+2} : Index in der Periode $t+2$ zur Basisperiode $t+1$

I_t^{t+2} : Index in der Periode $t+2$ zur Basisperiode t

Nur Elementarindizes besitzen diese Eigenschaft.

Mittelwertseigenschaft

Ein Index soll zwischen der minimalen und der maximalen Messziffer (Elementarindex) liegen.

Sowohl die ungewogenen als auch die gewogenen Indizes besitzen die Mittelwertseigenschaft.

Aggregierbarkeitseigenschaft

Ein Index eines Gesamtbereiches soll sich aus den Indizes von Teilbereichen aggregieren lassen:

$${}_A I_0^t + {}_B I_0^t = {}_T I_0^t \quad (F\ 10)$$

${}_A I_0^t$: Index des Teilbereiches A in der Periode t zur Basisperiode 0

${}_B I_0^t$: Index des Teilbereiches B in der Periode t zur Basisperiode 0

${}_T I_0^t$: Gesamtindex in der Periode t zur Basisperiode 0

Der Laspeyres- und der Paasche-Index erfüllen diese Eigenschaft.

A1.4 Umbasieren und Verketteten

Umbasieren

Das Umbasieren von Indexreihen dient dem Ziehen von Vergleichen zwischen verschiedenen basierten Indexreihen. Das Umbasieren geschieht anhand der folgenden einfachen Beziehung

$$\frac{\text{Index im Jahre } t}{\text{Index im Jahre der neuen Basis}} = \frac{\text{umbasierter Index im Jahre } t}{100} \quad (F 11)$$

welche nach der Variable "umbasierter Index im Jahre t" aufgelöst werden kann.

Das Umbasieren eines gewogenen Indexes ist ein Hilfsmittel, dessen man sich bedient, wenn kein Index mit der gewünschten Basis vorliegt. Wichtig ist dabei, dass ein auf ein Jahr t umbasierter Index nicht mit einem Index auf der Basis t zu verwechseln ist. Auch ein auf das Jahr t umbasierter Index bleibt immer ein Index mit der Basis 0 hinsichtlich des Gewichtungsschemas.

Verketteten

Indexreihen sind aufgrund des sich verändernden Gewichtungsschemas von Zeit zu Zeit zu revidieren, d.h. auf eine neue Basis zu stellen. Man berechnet also von Zeit zu Zeit ein aktuelles Gewichtungsschema und stellt die neue Indexreihe auf eine neue Basis (Stand 100). Dadurch entstehen "Entwicklungsbrüche" in der Indexreihe. Sind nun Untersuchungen durchzuführen, welche eine solche Bruchstelle übergreifen, so bedient man sich der "Verkettung". Das Verketteten wird wie folgt durchgeführt:

$$\frac{\text{Verketteter alter Index im Jahre } t}{\text{Alter Index im Basiszeitpunkt des neuen Index}} = \frac{\text{neuer Index im Jahre } t}{100} \quad (F 12)$$

Die Beziehung kann nach der Variable "Verketteter alter Index im Jahre t" aufgelöst werden.

Voraussetzung für das Verketteten ist, dass wenigstens in einer Periode beide Indizes berechnet wurden (es muss stets eine Überlappung vorliegen). Zudem macht das Verketteten nur bei inhaltlich vergleichbaren Indexreihen einen Sinn.

A1.5 Übertragbarkeit auf Entwicklungsindizes

Bei nochmaliger Betrachtung des in Abschnitt A1.1 festgehaltenen Zwecks von Indexzahlen (Kurzcharakteristik einer durchschnittlichen Entwicklung, welche in der Regel eine Vielzahl von Einzelentwicklungen in eine einzige Zahlenreihe zusammenfasst) ist ersichtlich, dass sich dieser nicht vom eigentlichen Zweck dieses Forschungsauftrages unterscheidet. Für die Bearbeitung derselben Problematik scheint der Verwendung derselben theoretischen Grundlagen nichts im Wege zu stehen. Für die zu erarbeitende Methodik für Entwicklungsindizes können deshalb die aus der Indextheorie vorhandenen Grundlagen verwendet werden, sie sind für die Bearbeitung ausreichend.

Von den erwähnten Arten von Indexzahlen sind aufgrund der Problemstellung gewogene Indexzahlen als Basis in Betracht zu ziehen. Dies darum, weil es als nicht korrekt erscheint, sämtlichen in die Indexberechnung eingehenden Messgrößen dasselbe Gewicht zuzumessen, wie dies bei den ungewogenen Indexzahlen der Fall ist. Durch dieses Vorgehen wird jedoch die Komplexität der Aufgabe erheblich erhöht (Wahl der Gewichte), was aber im Hinblick auf die erheblich aussagekräftigeren Ergebnisse erforderlich ist.

A2 Weitere Methoden zur Berechnung von Entwicklungsindizes

Methode "Verkehrsnachfragemodell"

Querschnittsbelastungen und Verkehrsleistungen können auch mit einem Verkehrsnachfragemodell ermittelt werden. Werden solche Berechnungen jährlich durchgeführt, können Indexzahlen auf eine effiziente Art nach verschiedenen Bezugsgrößen abgeleitet werden.

Die Hauptaufgabe bei dieser Methode besteht darin, das Nachfragemodell jährlich neu zu kalibrieren. Seit einigen Jahren werden in der Fachliteratur Verfahren vorgestellt und diskutiert, mit welchen versucht wird, Wunschlinienmatrizen aufgrund des Informationsgehaltes eines Satzes von Querschnittszählungen und evtl. zusätzlichen Informationen zu schätzen. Die so geschätzten Wunschlinien können anschliessend mit einem Routenwahlmodell auf die Verkehrsnetze umgelegt werden. Als Ergebnis dieser Umlegung ergeben sich die Querschnittsbelastungen und die Verkehrsleistungen. Wenn neben den Querschnittszählungen auch Informationen über die Struktur der zu schätzenden Matrix - z.B. in Form einer Basis-Wunschlinienmatrix - vorliegen, stimmen die geschätzten Wunschlinien gut mit tatsächlichen Werten überein.

In der Literatur sind zahlreiche Kalibrationsverfahren beschrieben². Die einzelnen Verfahren gehen dabei von sehr unterschiedlichen Annahmen aus und unterscheiden sich auch in den verwendeten Algorithmen und ihrer Qualität. Einige Verfahren basieren auf allzu groben Annahmen. Die Anwendung der anspruchsvolleren Verfahren setzt grosse Erfahrung des Anwenders voraus, da die iterativen Verbesserungen nicht notwendigerweise überall zu guten Ergebnissen führen. Die Methode "Verkehrsnachfragemodell" erfordert deshalb einen beachtlichen, jährlich wiederkehrenden Aufwand.

Wie für die Methode "Querschnittszählungen" ist auch für dieses Verfahren eine weitere Voraussetzung, dass eine ausreichende Anzahl Zählstellen vorhanden ist, welche räumlich "gleichmässig" verteilt sind. Gibt es in einer "sensiblen" Region keine Zählstellen, dann kann auch nicht erwartet werden, dass dort zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden können.

Methode "Panelbefragung"

Die Grundidee der Methode "Panel-Befragung" basiert auf der Ermittlung von Verkehrsbelastungen mittels einer Befragung. Eine Stichprobe der Bevölkerung wird zu ihrem Verkehrsverhalten nach dem Ausgangs-Etappen-Prinzip befragt. Dieses Prinzip ist derart zu erweitern, dass während einer Fahrt stattfindende Wechsel - von einem im Rahmen der Bedürfnisanalyse ermittelten Matricelement in ein anderes - erfasst werden können³. Dazu sind neben den üblichen Wegangaben wie Quelle und Ziel, Abfahrt- und Ankunftszeit sowie Distanz auch detaillierte Angaben über die Routenwahl erforderlich. Unter Verwendung von Daten des digitalen

² Einige davon sind beschrieben in: Forschungsgesellschaft für Strasse- und Verkehrswesen. Hinweise zur Schätzung von Verkehrsbeziehungen mit Hilfe von Querschnittszählungen. Bonn, 1995.

oder: Spiess, H.. A Gradient Approach for the O-D Matrix Adjustment Problem. CRT - 693. Montreal

oder Widmer, P.. Vereinfachte Methode zur raschen Schätzung von Verkehrsbeziehungen. in: Forschung im Strassenwesen der Schweiz Nr. 176. Steckborn, 1989

³ Bspw. der Wechsel von innerorts nach ausserorts auf einer Strasse.

Strassennetzes GVF kann für jede Person das totale Distanzbudget sowie das Distanzbudget je Matricelement berechnet werden.

Wird eine derartige Befragung jährlich in Form einer Panel-Befragung durchgeführt, so können aus den Angaben disaggregierte Entwicklungsindizes ermittelt werden. Für die Berechnung von Entwicklungsindizes gemäss der Methode "Panel-Befragung" ist es u.a. erforderlich:

- Dass die Stichprobe entsprechend den raumtypisierenden Merkmalen "Landesteil" und "Agglomerationstyp" geschichtet gezogen wird. Grundgesamtheit stellt dabei die Gesamtbevölkerung dar. Nur so kann gewährleistet werden, dass sich die Entwicklungsindizes auch auf den gesamtschweizerischen Verkehr beziehen.
- Dass eine zeitliche Schichtung erfolgt. Dies zur Sicherstellung, dass während allen Tagen eines Jahres Angaben vorhanden sind.
- Dass eine Person während einer hinsichtlich verkehrsverhaltensbezogener Kriterien "geschlossenen" Periode befragt wird. Als kürzeste solche Periode kann die Woche betrachtet werden.

Konkrete Aussagen zur Stichprobengrösse können aufgrund der erfolgten Überlegungen keine gemacht werden. Dazu sind Kenntnisse insbesondere über Mittelwerte und Standardabweichungen der resultierenden Befragungsdaten notwendig.

Als grosser Nachteil der Methode "Panel-Befragung" sind die mit ihr verbundenen Kosten zu bezeichnen. Diese stehen in keinem Verhältnis zum Nutzen des Endergebnisses, zumal dieses auch mit bedeutend einfacheren und günstigeren Methoden erreicht werden kann. Die Berechnung von Entwicklungsindizes rechtfertigt die Durchführung einer Panel-Befragung nicht. Werden jedoch künftige Erhebungen zum Verkehrsverhalten (Mikrozensus) mit Hilfe von Panel-Befragungen durchgeführt, könnten quasi als Nebenprodukt auch Entwicklungsindizes bestimmt werden.

A3 Das Bootstrap-Verfahren

A3.1 Ausgangslage

Die berechneten Entwicklungsindizes können nur sinnvoll interpretiert und für weitere Berechnungen verwendet werden, wenn Aussagen über ihre Genauigkeit vorliegen. Aufgrund der Tatsache, dass nicht für jeden Abschnitt des Netzes Verkehrszählungen vorliegen, sind die berechneten Entwicklungsindizes Schätzwerte für die effektiv eingetretene Verkehrsentwicklung. Es gilt nun Angaben darüber zu machen, in welchem Bereich um die geschätzten Werte die wahre Entwicklung mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit liegt. Solche Angaben können gemacht werden, wenn Kenntnisse über die Verteilung der Schätzwerte vorhanden sind.

A3.2 Methode

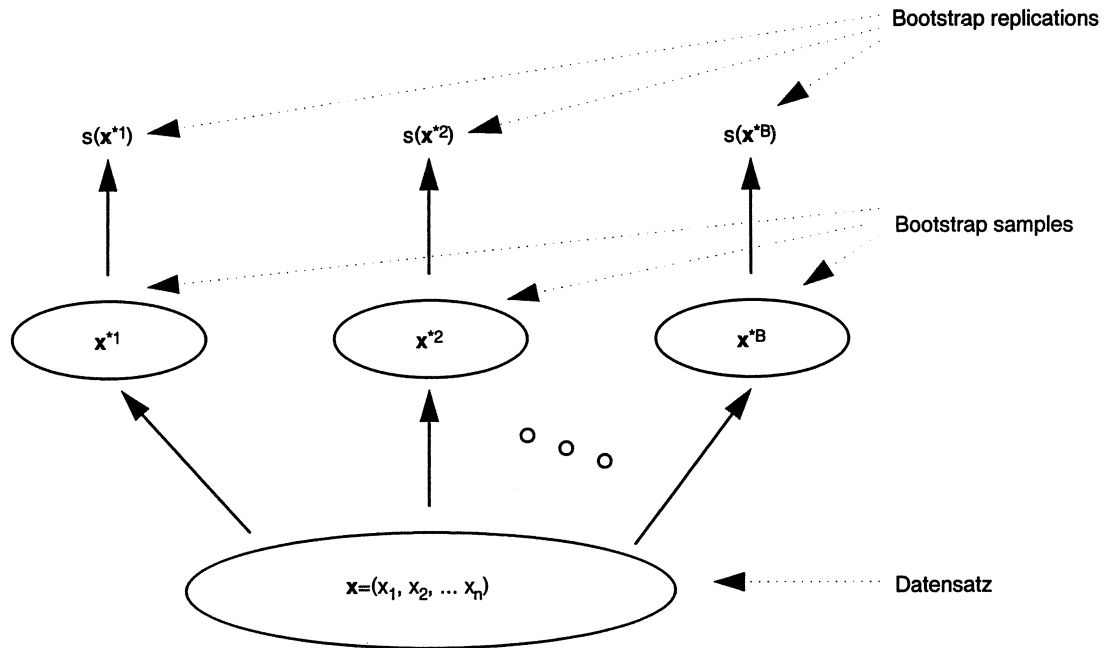
Der Bootstrap⁴

Das geläufigste Mass zur Beschreibung der Genauigkeit eines Schätzers ist dessen Standardfehler. Der Standardfehler ist die aus einer empirischen Verteilung geschätzte Standardabweichung. Der Bootstrap ist eine computergestützte Methode zur Berechnung von Genauigkeitsangaben von statistischen Schätzern, d.h. er liefert Angaben über die Verteilung von Schätzern⁵.

Die Berechnung von Genauigkeitsangaben unter Verwendung des Bootstraps kann wie folgt beschrieben werden: Aus einem vorhandenen Datensatz wird eine gewisse Anzahl Zufallsstichproben (Bootstrap Samples) gezogen. Jede Stichprobe besteht aus der gleichen Anzahl Elemente wie der Ausgangsdatsatz, die Zufallsauswahl erfolgt mit zurücklegen. Für jede Zufallsstichprobe wird der entsprechende Schätzer berechnet. Der Standardfehler des untersuchten Schätzers schliesslich berechnet sich als Standardabweichung der aus den Zufallsstichproben berechneten Schätzer.

-
- ⁴ Die Beschreibung der Methode und die Notation stützen sich auf: Efron, Bradley; Tibishirani, Robert, J., An Introduction to the Bootstrap. Monographs on Statistics and Applied Probability 57. Chapman & Hall, New York, London, 1993
- ⁵ Dass für diese Methode der Terminus "bootstrap" (Steigbügel) verwendet wird, lässt sich auf die englische Redewendung "to pull oneself up by one's bootstrap" zurückführen. Diese steht im Zusammenhang mit einem der Abenteuer des Barons Münchhausen. (Quelle: Efron, Bradley; Tibishirani, Robert, J., An Introduction to the Bootstrap. Monographs on Statistics and Applied Probability 57. Chapman & Hall, New York, London, 1993)

Abbildung 3.1: Schematische Darstellung des Bootstrapverfahrens zur Schätzung des Standardfehlers eines Schätzers⁶



Berechnungsablauf

Gegeben seien n unabhängige Beobachtungen $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, von welchen die Schätzgrösse $s(\mathbf{x})$ berechnet wird. Zur Angabe von Genauigkeiten soll der Standardfehler des Schätzers $s(\mathbf{x})$ berechnet werden.

Der Berechnungsablauf erfolgt wie im folgenden schematisch dargestellt:

1. Aus den n unabhängigen Beobachtungen $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ werden B Bootstrap Samples $\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ gezogen. Jedes Sample besteht aus n Werten, welche aus $\mathbf{x}$ mit zurücklegen gewonnen wurden.
(Für die Schätzung des Standardfehlers sind zwischen 25 und 200 Samples zu ziehen.)
2. Für jedes Sample ist die Schätzgrösse $s(\mathbf{x}^{*b})$, mit $b = 1, 2, \dots, B$ zu berechnen.

⁶ Quelle: Efron, Bradley; Tibishirani, Robert, J., An Introduction to the Bootstrap. Monographs on Statistics and Applied Probability 57. Chapman & Hall, New York, London, 1993

3. Für die B aus den Samples berechneten Schätzgrößen $s(\mathbf{x}^{*b})$ ist der Standardfehler e_B zu bestimmen:

$$\hat{e}_B = \left\{ \sum_{b=1}^B [s(\mathbf{x}^{*b}) - s(\cdot)]^2 / (B-1) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (F 13)$$

mit

$$s(\cdot) = \sum_{b=1}^B s(\mathbf{x}^{*b}) / B \quad (F 14)$$

Es kann gezeigt werden, dass die Verteilung des Mittelwerts von $s(\mathbf{x}^*)$ mit zunehmendem n approximativ normalverteilt ist. Dies bedeutet, dass mit Hilfe des Bootstrapverfahrens Konfidenzintervalle sowie Testgrößen für statistische Tests berechnet werden können.

Voraussetzungen

Voraussetzungen für die Anwendung des Bootstrapverfahrens sind im wesentlichen, dass die n Beobachtungen $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ unabhängig sind. Im Fall der Querschnittszählungen ist dies kaum der Fall. Trotzdem wird das Verfahren angewendet um eine Aussage über die Genauigkeit der berechneten Indizes zu erhalten.

A3.3 Vorgehen im Rahmen der Berechnung von Entwicklungsindizes

Ablauf der Berechnungen

Für die Anwendung des Bootstrapverfahrens im Rahmen der Berechnung von Entwicklungsindizes ist wie folgt vorzugehen:

1. Aus den in Periode 0 vorhandenen n Zählstellen $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ist die durchschnittliche Belastung Q_x gemäss der vorgeschlagenen Methode für Entwicklungsindizes zu berechnen.
2. Aus den in Periode t vorhandenen m Zählstellen $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ ist ein Bootstrap Sample $\mathbf{y}^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*)$ mit zurücklegen zu ziehen.
3. Mit den ausgewählten Zählstellen $\mathbf{y}^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*)$ ist die durchschnittliche Belastung Q_{y^*} gemäss der vorgeschlagenen Methode für Entwicklungsindizes zu berechnen.
4. Der Index I^{*b} für die Periode t mit Basisperiode 0 kann mit $I^* = Q_{y^*} / Q_x$ berechnet werden. Dieser Schritt liefert die Bootstrap Replication des Schätzers für den Entwicklungsindex in der Periode t.
5. Für die Berechnung des Standardfehlers e_B des Schätzers für den Entwicklungsindex sind die ersten fünf Schritte 300 Mal⁷ zu wiederholen.

⁷ Die durchgeführten Berechnungen zeigten, dass mit B = 300 gute Standardfehler berechnet werden können.

6. Der Standardfehler e_B kann aus den 300 Bootstrap Replications nach der in Abschnitt 3.2 aufgeführten Beziehung berechnet werden.

Anfallende Ergebnisse

Mit dem beschriebenen Verfahren zur Bestimmung der Genauigkeiten fallen für die Entwicklungsindizes folgende Ergebnisse an:

- Standardfehler für die Entwicklungsindizes in Periode t , mit $t = 1, 2, \dots, n$.
- Mit den Standardfehlern können Vertrauensintervalle konstruiert werden.

Die Standardfehler und entsprechend die Vertrauensintervalle sind für jede Periode verschieden.

Sollen mit dem beschriebenen Verfahren auch für die absoluten Belastungen Genauigkeiten bestimmt werden, so kann dies aus den mit Bootstrap Samples bestimmten durchschnittlichen Belastungen Q_{y^*} erfolgen. Aus diesen können mit dem analogen Vorgehen Standardfehler ermittelt werden.

Voraussetzungen

Voraussetzungen für die Anwendung des Bootstrapverfahrens sind im wesentlichen, dass die n Zählungen $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ sowie die m Beobachtungen $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ unabhängig sind.

A4 Berechnung der Verkehrsmengenindizes: Fahrzeuge nach Längenklassen - DWV(24)

A4.1 Index für Autobahnen

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes für Fahrzeuge nach Längenklassen für Autobahnen wiedergegeben. Überlegungen zur Plausibilität der Ergebnisse finden sich im Anschluss an die Tabellen und Abbildungen.

Tabelle 4.1: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen, Fahrzeuge bis 6 m** (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	35'254	100.0	-	10
1991	35'976	102.1	3.18	10
1992	37'369	106.0	1.30	17
1993	37'439	106.2	2.39	19
1994	39'237	111.3	2.54	19
1995	40'084	113.7	1.92	23

Abbildung 4.1: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen, Fahrzeuge bis 6 m** (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

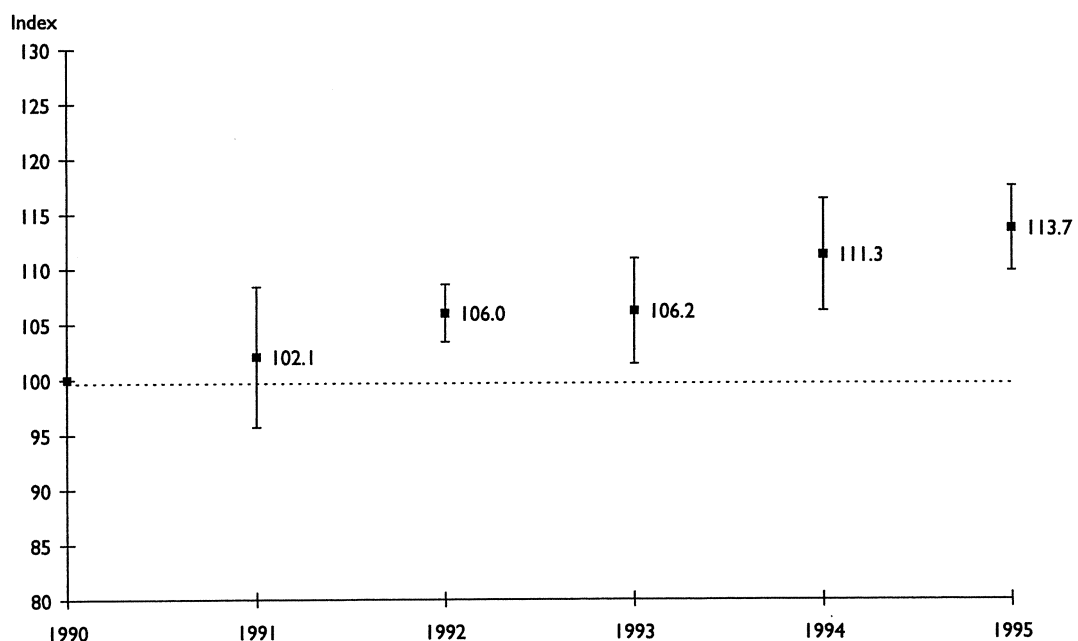


Tabelle 4.2: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen, Fahrzeuge von 6 - 12.5 m**
(DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	2'886	100.0	-	10
1991	2'875	99.6	3.09	10
1992	2'992	104.1	1.36	17
1993	3'067	102.5	2.45	19
1994	3'125	108.3	2.87	19
1995	3'203	111.0	1.40	23

Abbildung 4.2: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen, Fahrzeuge von 6 - 12.5 m**
(DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

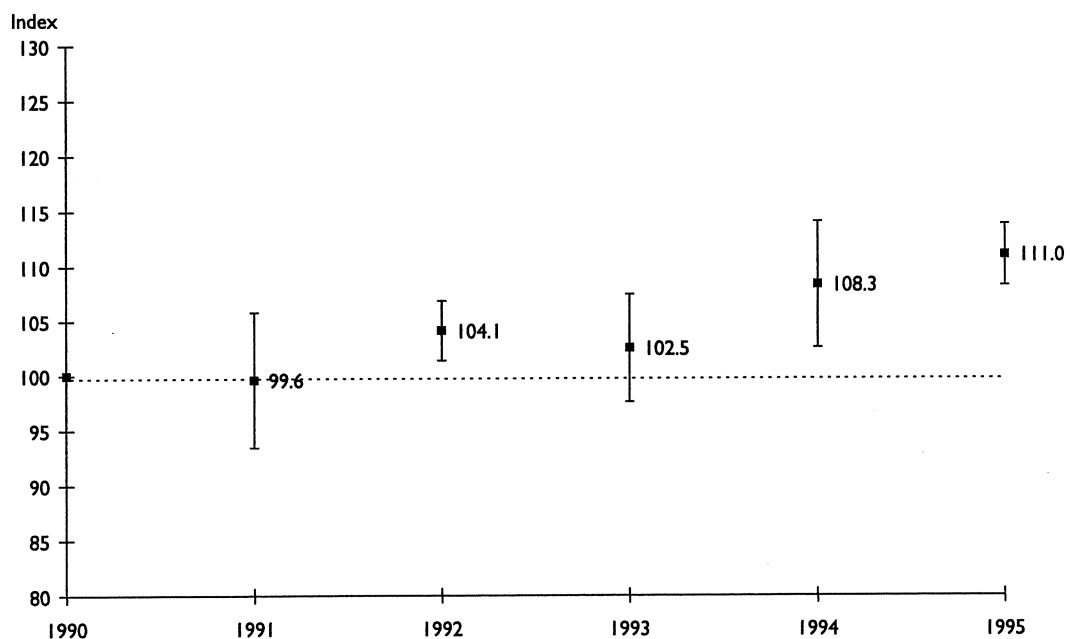
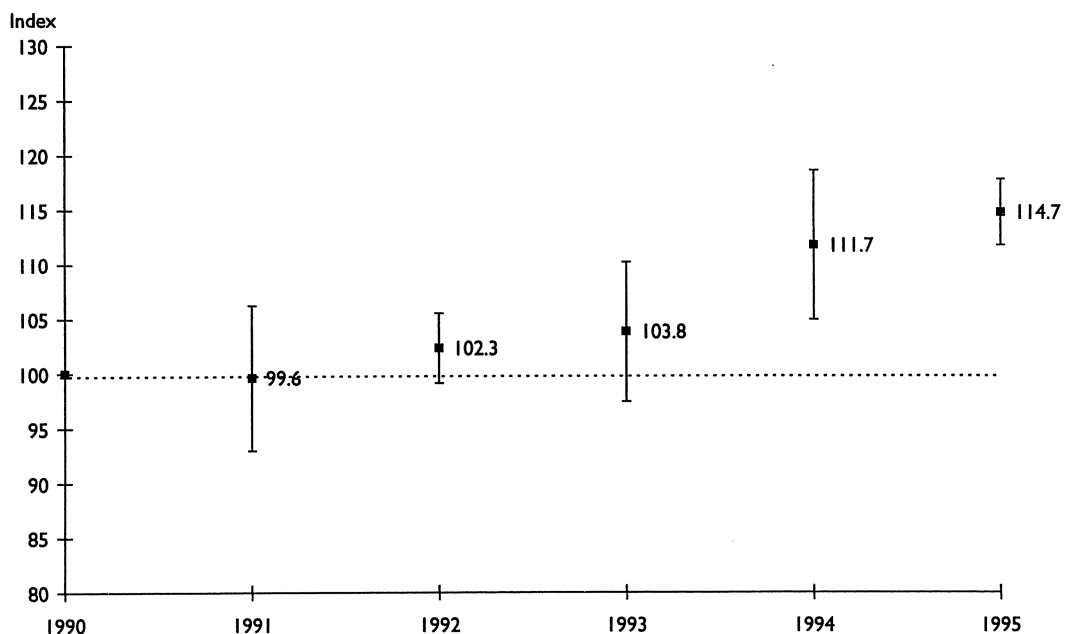


Tabelle 4.3: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen, Fahrzeuge über 12.5 m**
(DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	2'835	100.0	-	10
1991	2'824	99.6	3.31	10
1992	2'887	102.3	1.59	17
1993	2'943	103.8	3.19	19
1994	3'167	111.7	3.42	19
1995	3'252	114.7	1.51	23

Abbildung 4.3: Verkehrsmengenindex für **Autobahnen, Fahrzeuge über 12.5 m**
(DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)



Bei der Betrachtung der Verkehrsmengenindizes je Längenklasse auf Autobahnen fallen zunächst die relativ grossen Streuungen auf. Die für die einzelnen Jahre ermittelten Standardfehler bewegen sich zwischen rund 1.9 und 3.4 Indexpunkten, entsprechend gross sind die mit ± 2 Standardfehlern gebildeten Vertrauensintervalle.

A4.2 Index für Ausserortsstrassen

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Verkehrsmengenindizes für Fahrzeuge nach Längenklassen für Ausserortsstrassen wiedergegeben. Überlegungen zur Plausibilität der Ergebnisse finden sich im Anschluss an die Tabellen und Abbildungen.

Tabelle 4.4: Verkehrsmengenindex für **Ausserortsstrassen, Fahrzeuge bis 6 m** (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	7'492	100.0	-	7
1991	7'900	105.5	2.17	7
1992	7'971	106.4	2.14	10
1993	8'166	109.0	3.62	11
1994	8'555	114.2	2.03	13
1995	8'668	115.7	1.73	22

Abbildung 4.4: Verkehrsmengenindex für **Ausserortsstrassen, Fahrzeuge bis 6 m** (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

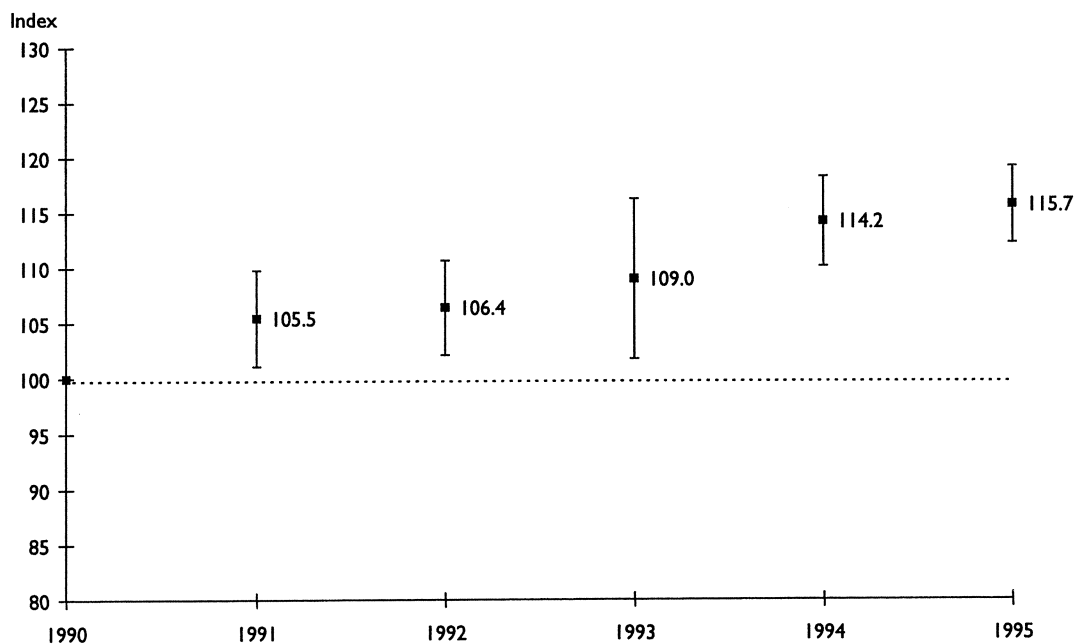


Tabelle 4.5: Verkehrsmengenindex für *Ausserortsstrassen, Fahrzeuge von 6 - 12.5 m* (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	552	100.0	-	7
1991	581	105.2	3.92	7
1992	604	109.5	1.21	10
1993	630	114.2	2.74	11
1994	693	125.5	2.89	13
1995	701	127.0	1.18	22

Abbildung 4.5: Verkehrsmengenindex für *Ausserortsstrassen, Fahrzeuge von 6 - 12.5 m* (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)

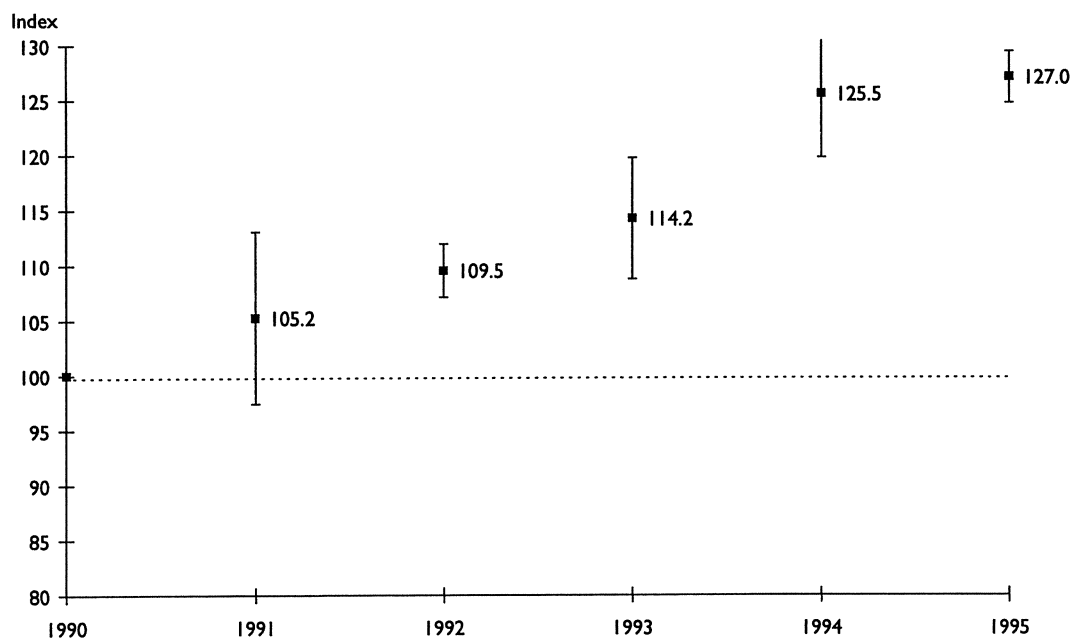
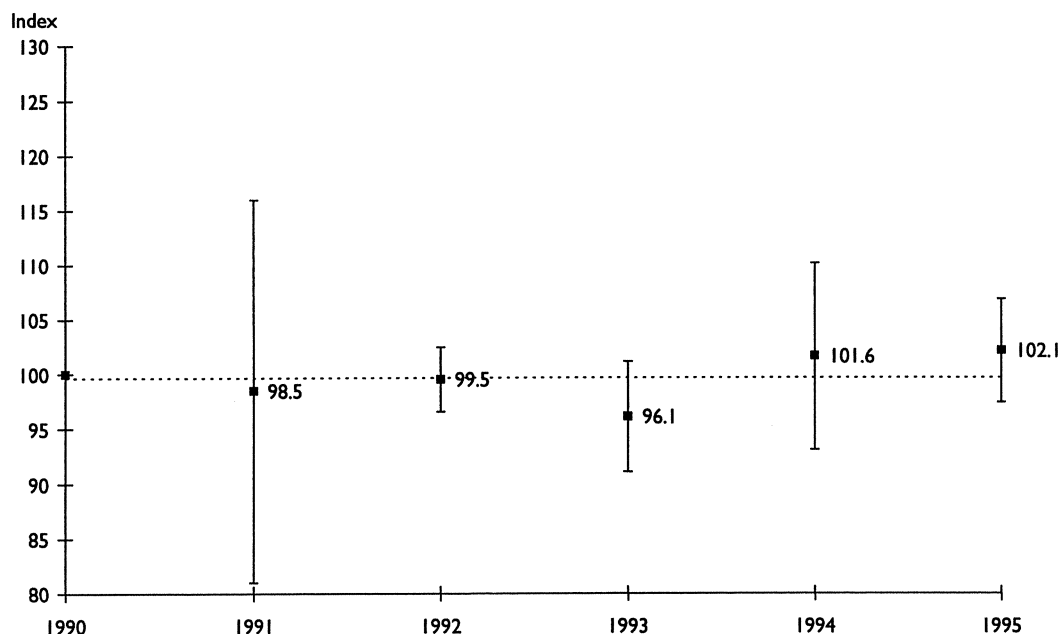


Tabelle 4.6: Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen, Fahrzeuge über 12.5 m (DWV(24))

Jahr	Durchschnittliche Belastung	Index	Standardfehler Index (B=300)	Anz. Zähler
1990	385	100.0	-	7
1991	380	98.5	8.74	7
1992	383	99.5	1.47	10
1993	370	96.1	2.51	11
1994	391	101.6	4.26	13
1995	393	102.1	2.36	22

Abbildung 4.6: Verkehrsmengenindex für Ausserortsstrassen, Fahrzeuge über 12.5 m (DWV(24): Indexwert ± 2 Standardfehler)



Die Verkehrsmengenindizes je Längenklasse auf Ausserortsstrassen weisen in der Testperiode für die Klassen bis 6.0 m und 6.0 bis 12.5 m signifikante Zunahmen von 15.7 bzw. 27.0 Indexpunkten aus, währenddem für die Fahrzeuge der Längenklasse über 12.5 m für keine signifikanten Veränderungen resultieren.

Wie schon bei den Autobahnen weisen auch die Verkehrsmengenindizes für Ausserortsstrassen mit Standardfehlern bis 8.7 Indexpunkte (Fahrzeuge über 12.5 m, 1991) grosse Streuungen auf. Diese sind jedoch bei einer Datenbasis von nur 7 Zählern zu erwarten.

A5 Abkürzungen und Begriffe

Abkürzungen

ASB	Bundesamt für Strassenbau
BFS	Bundesamt für Statistik
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
DNV	Durchschnittlicher Normalwerktagsverkehr. Als Normalwerktage gelten die Tage Dienstag bis Donnerstag. DNV(24): Durchschnittlicher Normalwerktagsverkehr während 24 Stunden.
DSaV	Durchschnittlicher Samstagsverkehr. DSaV(24): Durchschnittlicher Samstagsverkehr während 24 Stunden.
DSoV	Durchschnittlicher Sonn- und Feiertagsverkehr. DSoV(24): Durchschnittlicher Sonn- und Feiertagsverkehr während 24 Stunden.
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr. DTV(24): Durchschnittlicher täglicher Verkehr während 24 Stunden.
DWV	Durchschnittlicher werktäglicher Verkehr. Als Werkstage gelten die Tage von Montag bis Freitag. DWV(24): Durchschnittlicher werktäglicher Verkehr während 24 Stunden.
EDI	Eidg. Departement des Innern
EVED	Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
FL	Fahrleistung
FLI	Fahrleistungsindex
Fz.	Fahrzeug/e
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GTS	Erhebung über die Gütertransporte auf der Strasse
GVF	Dienst für Gesamtverkehrsfragen im Generalsekretariat des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements
HOP	Hochrechnung der Erlöse im Personenverkehr
km	Kilometer
KTU	Konzessionierte Transportunternehmen
Lw	Lastwagen
LVC	Bezeichnung für einen Zähler, welcher die Fahrzeuge nach Längenklassen zu unterscheiden vermag (long vehicle counter)

MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSE	Management der Strassenerhaltung
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PEFA	Periodische Erhebung Fahrleistungen
Pkm	Personenkilometer
Pw	Personenwagen
q	Besetzungsgrad
QZ	Querschnittszähler
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
SSVZ	Schweizerische Strassenverkehrszählung (UNO-Zählung)
STRADA-DB	Strassendatenbank des Bundes
SVI	Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure
TBA	Tiefbauamt
tkm	Tonnenkilometer
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VL	Verkehrsleistung (Pkm bzw. tkm)
VLI	Verkehrsleistungsindex
VM	Verkehrsmenge (Fz./Zeiteinheit)
VMI	Verkehrsmengenindex

Begriffe

Aggregierbarkeitseigenschaft	Ein Index eines Gesamtbereiches soll sich aus den Indizes von Teilbereichen aggregieren lassen.
Arbeitsmarktregion	Gliederung in Einzugsgebiete der Arbeitsmarkträume der Gross- und Mittelzentren.
Aussenverkehr	Fahrten, bei denen sich bezüglich einer Fahrt der Ausgangspunkt (Quellverkehr), das Ziel (Zielverkehr) oder keines der beiden (Durchgangsverkehr) innerhalb eines betrachteten Gebietes befindet.
ausserorts	Streckenabschnitte des digitalisierten Strassennetzes mit einem Innerortsanteil von 50 und weniger Prozenten

	werden mit ausserorts bezeichnet.
Basisperiode	Periode, in welcher der Index gleich 100 ist.
Basisverfahren	Verfahren zur Bestimmung von Entwicklungsindizes, bei welchem die durchschnittliche Belastung je Periode mit arithmetischer Mittelung bestimmt wird.
Besetzungsgrad	Zahl der Personen, die im Durchschnitt für eine Fahrt gemeinsam ein motorisiertes Individual-Verkehrsmittel benützen.
Betriebsleistung	Zahl der von Fahrzeugen bzw. Wagen des öffentlichen Verkehrs gefahrenen Kilometer, bezogen auf eine Zeitspanne.
Beziehungszahlen	Zwei wesensverschiedene, aber in sinnvollem Zusammenhang stehende Grössen werden in Beziehung gesetzt
Binnenverkehr	Fahrten, bei denen sich sowohl der Ausgangspunkt als auch das Ziel der Fahrt innerhalb eines betrachteten Gebietes befinden.
Bootstrap	Computergestützte Methode zur Berechnung von Genauigkeitsangaben statistischer Schätzer.
Distanzbudget	Summe der Distanzen aller Wege, die eine Person an einem Tag unternimmt.
Ebene, übergeordnet	Als übergeordnete Ebene wird die Disaggregation in Teilindizes bezeichnet, welche nicht dem grösstmöglichen Disaggregationsgrad entspricht. Werden bspw. die Elemente der Basisebene aggregiert, so entsprechen die Aggregate Elementen der der Basisebene übergeordneten Ebene.
Element	Bezeichnet eine Möglichkeit bei der Kombination der Disaggregationsmerkmale, wobei auch die "Randtotalen" der Kombinationen als Möglichkeiten zu betrachten sind.
Fahrleistung	Zahl der von Fahrzeugen gefahrenen Kilometer, bezogen auf eine Zeitspanne (BFS, Schweizerische Verkehrsstatistik 1993).

Fischer-Index	Berechnet sich aus dem geometrischen Mittel des Laspeyres- und des Paasche-Indexes.
Gliederungszahlen	Eine Teilgrösse wird zu einer Gesamtgrösse in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis ist eine Anteilsangabe.
Identitätseigenschaft	Wird ein Index in der Basisperiode mit sich selbst verglichen, so soll er den Wert 1 annehmen.
Indexzahlen	Zwei inhaltlich gleichartige, sich auf verschiedene Zeitpunkte, geografische Orte oder Gruppen beziehende Grössen werden in Beziehung gesetzt.
innerorts	Streckenabschnitte des digitalisierten Strassennetzes mit einem Innerortsanteil von mehr als 50 Prozenten werden mit innerorts bezeichnet.
Kalibration	Eichung eines Modells; Bestimmung der Werte der Parameter und Attribute, die bei der Modell-Anwendung zu Resultaten führen, die möglichst gut den beobachteten Werten entsprechen.
Knoten	Bezeichnet den Anfang bzw. das Ende eines Strassenabschnitts im digitalen Strassennetz.
Laspeyres-Index	Stellt die Entwicklung einer Grösse unter Verwendung eines in der Vergangenheit festgestellten Gewichtungsschemas dar (Vergangenheitsgewichtung).
Link	Bezeichnet einen Strassenabschnitt im digitalisierten Strassennetz. Ein Link wird von zwei Knoten begrenzt.
Modal Split	Prozentuale Aufteilung der Personenfahrten auf die verschiedenen Verkehrsmittel.
Mittelwertseigenschaft	Ein Index soll zwischen der minimalen und der maximalen Messziffer (Elementarindex) liegen.
Paasche-Index	Stellt die Entwicklung einer Grösse unter Verwendung eines in der Gegenwart festgestellten Gewichtungsschemas dar (Gegenwartsgewichtung).
Proportionalitätseigenschaft	Verändern sich alle Grössen eines Indexes um einen konstanten Faktor, so soll der Index diesen Faktor widerspiegeln.
Raumtyp	Typisierung des Raumes, welche auf dem Zentren-Peripherie-Ansatz aufbaut. Es werden die drei Raumtypen

	Grossstadtagglomeration, übrige Agglomerationen und übriges Gebiet unterschieden. Diese Einteilung entspricht jener des Bundesamtes für Statistik.
Repräsentationsverhältnis	Entspricht der Anzahl Netzquerschnitte, welche bezüglich Belastung von einem Querschnittszähler repräsentiert werden.
Schätzer	Funktion, die n Daten eine Zahl bzw. n Zufallsvariablen wieder eine Zufallsvariable zuordnet.
Standardfehler	Die aus einer empirischen Verteilung geschätzte Standardabweichung.
Typisierungsraster	Matrix der Typisierungsmerkmale, anhand denen das Strassennetz nach emissionsrelevanten Kriterien eingeteilt ist.
(Zeit-)Umkehreigenschaft	Die Entwicklung der Grösse von der Basisperiode 0 zur Periode t entspricht dem reziproken Verhältnis der Entwicklung der Grösse von der Periode t zur Basisperiode 0.
Verkehrsaufkommen	Zahl der von Personen in einem bestimmten Gebiet unternommenen Fahrten, bezogen auf eine Zeitspanne.
Verkehrsleistung	Durch den Verkehr erzeugtes Produkt, ausgedrückt in Personenkilometern oder Tonnenkilometern, bezogen auf eine bestimmte Periode (BFS, Schweizerische Verkehrstatistik 1993)
Verkehrsmenge	Zahl der Fahrzeuge, welche pro Zeiteinheit einen Querschnitt eines Verkehrsträgers passieren bzw. belasten.
Vertrauensintervall	Bereich von Parameterwerten, die angesichts einer Beobachtung noch als wahrscheinlich erscheinen.
Wunschlinien	Verkehrsnachfrage oder Fahrtwünsche zwischen zwei Orten bzw. Zonen.

Forschungsberichte auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)
Rapports de recherche sur proposition de l'Association suisse des ingénieurs en transports
 (erschienen im Rahmen der Forschungsreihe des EVED/parus dans le cadre des recherches du DFTCE)

- 1980 **Velo- und Mofaverkehr in den Städten**
(R. Müller)
- 1980 **Anleitung zur Projektierung einer Lichtsignalanlage**
(Seiler Niederhauser Zuberbühler)
- 1981 **Güternahverkehr, Gesetzmässigkeiten**
(E. Stadtmann)
- 1981 **Optimale Haltestellenabstände beim öffentlichen Verkehr**
(Prof. H. Brändli)
- 1982 **Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs ***
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1983 **Lichtsignalanlagen mit oder ohne Uebergangssignal Rot-Gelb**
(Weber Angehrn Meyer)
- 1983 **Güternahverkehr, Verteilungsmodelle**
(Emch + Berger AG)
- 1983 **Parkraumbewirtschaftung als Mittel der Verkehrslenkung ***
(Glaser + Saxer)
- 1984 **Le rôle des taxis dans les transports urbains (franz. Ausgabe)**
(Transitec)
- 1984 **Park and Ride in Schweizer Städten ***
(Balzari & Schudel AG)
- 1986 **Verträglichkeit von Fahrrad, Mofa und Fussgänger auf gemeinsamen Verkehrsflächen ***
(Weber Angehrn Meyer)
- 1987 **Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und -technische Massnahmen ***
(Metron AG)
- 1987 **Provisorischer Behelf für die Umweltverträglichkeits-Prüfung von Verkehrsanlagen ***
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)
- 1988 **Bestimmungsgrössen der Verkehrsmittelwahl im Güterverkehr ***
(Rapp AG)
- 1988 **EDV-Anwendungen im Verkehrswesen**
(IVT, ETH Zürich)
- 1988 **Forschungsvorschläge Umweltverträglichkeitsprüfung von Verkehrsanlagen**
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)
- 1989 **Vereinfachte Methode zur raschen Schätzung von Verkehrsbeziehungen ***
(P. Widmer)
- 1990 **Planungsverfahren bei Ortsumfahrungen**
(Toscano-Bernardi-Frey AG)
- 1990 **Anteil der Fahrzeugkategorien in Abhängigkeit vom Strassentyp**
(Abay & Meyer)
- 1991 **Busbuchten, ja oder nein?***
(Zwicker und Schmid)
- 1991 **EDV-Anwendung im Verkehrswesen, Katalog 1990**
(IVT, ETH Zürich)
- 1991 **Mofa zwischen Velo und Auto**
(Weber Angehrn Meyer)
- 1991 **Erhebung zum Güterverkehr**
(Abay & Meier, Albrecht & Partner AG, Holinger AG, RAPP AG, Sigmaplan AG)
- 1991 **Mögliche Methoden zur Erstellung einer Gesamtbewertung bei Prüfverfahren**
(Basler & Partner AG)
- 1992 **Einsatzkonzepte und Integrationsprobleme der Elektromobile***
(U. Schwegler)
- 1992 **UVP bei Strassenverkehrsanlagen, Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten***
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)

erschienen auch als Mitteilungen zur UVP Nr. 7/Mai 1992 des BUWAL

- 1992 **Von Experten zu Beteiligten - Partizipation von Interessierten und Betroffenen beim Entscheiden über Verkehrsvorhaben**
(J. Dietiker)
- 1992 **Parkierungsbeschränkungen mit Blauer Zone und Anwohnerparkkarte, Empfehlung für die Einführung***
(Jud AG)
- 1992 **Fehlerrechnung und Sensitivitätsanalyse für Fragen der Luftreinhaltung: Verkehr - Emissionen - Immissionen ***
(INFRAS)
- 1993 **Indikatoren im Fussgängerverkehr ***
(RAPP AG)
- 1993 **Velofahren in Fussgängerzonen**
(P. Ott)
- 1993 **Vernetztes bzw. ganzheitliches Denken bei Verkehrsvorhaben**
(Jauslin + Stebler, Rudolf Keller AG)
- 1993 **Untersuchung des Zusammenhanges von Verkehrs- und Wandermobilität**
(synergo, Jenni + Gottardi AG)
- 1993 **Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von flexiblen Nutzungen im Strassenraum**
(Sigmaplan AG)
- 1993 **EIE et infrastructures routières, Guide pour l'établissement de rapports d'impact**
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)
erschieden als Mitteilungen zur UVP Nr. 7(93) / Juli 1993 des BUWAL/parus comme informations concernant l'étude de l'impact sur l'environnement EIE No. 7(93) / juillet 1993 de l'OFEFP
- 1993 **Handlungsanleitung für die Zweckmässigkeitsprüfung von Verkehrsinfrastrukturprojekten, Vorstudie**
(Jenni + Gottardi AG)
- 1994 **Leistungsfähigkeit beim Fahrstreifenabbau auf Hochleistungsstrassen**
(Rutishauser, Mögerle, Keller)
- 1994 **Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 1: Determinanten und Entwicklungen***
(R + R Burger AG, Büro Z)
- 1995 **Verkehrsentwicklungen in Europa, Vergleich mit den schweizerischen Verkehrsperspektiven**
(Prognos AG / Rudolf Keller AG)
erschieden als GVF-Auftrag Nr. 267 des GS EVED Dienst für Gesamtverkehrsfragen / paru au SG DFTCE Service d'étude des transports No. 267
- 1996 **Einfluss von Strassenkapazitätsänderungen auf das Verkehrsgeschehen**
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1997 **Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen**
(Jenni + Gottardi AG)
- 1997 **Verkehrsgrundlagen für Umwelt- und Verkehrsuntersuchungen**
(Ernst Basler + Partner AG)
- 1998 **Entwicklungsindices des Schweizerischen Strassenverkehrs**
(Abay + Meier)
- 1998 **Kennzahlen des Strassengüterverkehrs in Anlehnung an die Gütertransportstatistik 1993**
(Albrecht & Partner AG / Symplan Map AG)

Die Berichte können bezogen werden bei / Les rapports peuvent être commandés au:

SVI Sekretariat, Postfach 421, 8034 Zürich
Telefon: 01 984 18 84, Telefax 01 984 25 65

* vergriffen: Diese Exemplare können auf Wunsch nachkopiert werden /
épuisé: Selon désir, ces rapports peuvent être copiés.